

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
lentokonetekniikka

Tutkintotyö

Jouko Lehtinen

F-18 HORNET LENTOKONEEN ECS - JÄRJESTELMÄKURSSIN KEHITTÄMINEN

Työn valvoja
Työn teettäjä
Jyväskylä 2009

Yliopettaja Heikki Aalto
IlmavTK, valvojana Tohtori Mika Nieminen

Kone- ja tuotantotekniikka,
Lentokonetekniikka

Lehtinen Jouko

Tutkintotyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Marraskuu 2009

Hakusanat

F-18 Hornetin ECS-järjestelmäkurssin kehittäminen

61 sivua

Tkl Heikki Aalto

Ilmavoimien teknillinen koulu, valvojana Tohtori Mika Nieminen

Hornet, ECS-järjestelmä

TIIVISTELMÄ

Ilmavoimien teknillisellä koululla toimivan kurssiosaston päätehtävänä on kouluttaa nykypäivän vaatimuksenmukaista, ammattitaitoista ja asenteellisesti soveltuvaa henkilöstöä Ilmavoimien tarpeisiin. Koulutuksen taso tulisi pitää niin korkealla, että se vastaa lentoteknillisen erikoisalan asettamiin vaatimuksiin.

Ilmavoimien F-18 Hornet torjuntahävittäjän tyypikoulutus muodostuu kolmesta nousujohteisesti toteutettavasta vaiheesta. Tässä työssä analysoitiin tyypikoulutuksen jälkeen toteutettavaa erikoiskoulutusvaihetta eli järjestelmäkoulutusta ja minkälaiset valmiudet kurssi antaa oppilaille järjestelmän yleisimpien vikojen hakemiseen. Tutkintotyö tehtiin Ilmavoimien teknilliselle koululle syksyn 2009 aikana ja sen tarkoituksena oli kehittää kurssia nykypäivän tarpeisiin.

Tutkintotyössä perehdyttiin Hornetin ympäristöjärjestelmän järjestelmäkurssin toteutukseen opetussuunnitelman mukaan. Järjestelmän yleisimpien vikojen tiedot kerättiin lentotekniikan logistiikan tietojärjestelmään laadituista vikailmoituksista. Tarkastelun kohteena oli vikailmoituksen tiedot vikaindikaatiosta, havaintoajankohdasta ja korjaustoimenpiteestä. Näitä tietoja verrattiin ympäristöjärjestelmän erikoiskurssin opetukseen ja analysoitiin kuinka hyvin yleisimmät viat tulevat esille kurssin aikana.

Tarkastelu osoitti, että kurssilla koulutettavat testaukset antavat hyvän pohjan järjestelmän vianetsintään. Kurssin kouluttajien tehtävä on vaativa, koska pelkkä testauksen läpikäynti ei riitä. Koulutuksessa tulisi tukeutua järjestelmän vikailmoituksiin ja käyttää mahdollisimman paljon järjestelmän mittauspisteitä. Näillä toimenpiteillä voidaan koulutusta tehostaa ja turhien laitevaihtojen määrää vähennettyä.

ABSTRACT

The main mission of the Air Force's Aircraft and Weapon Systems Training Wing is to train skilled personnel with an appropriate attitude for the needs of the Air Force. Level of training should be so high that it will meet the requirements of the specialized demands set by aircraft maintenance.

The F-18 Hornet specific training is composed of three successive phases with a buoyant trend. The task of this work was to analyze the syllabus of specialized training (of aircraft systems) carried out after the above-mentioned type-specific training and to study the skills that students achieve during the course in order to troubleshoot the most common failures of the systems. The work was made for the Aircraft and Weapon Systems Training Wing to develop training according to today's requirements. The study took place in fall of 2009.

This work focused on the implementation of the Hornet's environmental system course carried out by the respective curriculum. The data of the system's most common failures was collected by using the failure reports having entered into the aircraft maintenance logistics information system. It included failure indications, times of discovering the failures, and repair works. These data were compared with the content of specialized training of the environmental management system and, furthermore, it was analyzed to which extent the most common failures are dealt with during the course.

The analysis showed that the lab tests give a good basis for troubleshooting. The role of trainers on the course is challenging because only going through the testing is not enough. Training should, to an increasing degree, rely on the information of the system failure reports and use of measuring points within the system. By means of these measures training could be considerably improved and the number of unnecessary replacements of devices decreased.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	5
1.1	ILMAVOIMAT /12/	6
1.2	ILMAVOIMIEN TEKNILLINEN KOULU /12/	8
1.3	KURSSIOSASTO /8/	10
1.4	F-18 HORNET /8/	12
2	KURSSIT /11/	14
2.1	KÄYTTÖHUOLTOKURSSI	15
2.2	TYÖSSÄOPPIMISJAKSO	15
2.3	TYYPPIKURSSI	16
2.4	JÄRJESTELMÄKOULUTUKSEN PERUSTEET /10/	16
3	YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄ	18
3.1	YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄN OHJAUS JA TOIMINTA /2/	19
3.2	VUODONILMAISUJÄRJESTELMÄ /2/	21
3.3	VUODATUSJÄRJESTELMÄ /2/	22
3.4	ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄ /2/	23
3.5	TUULILASIN JÄÄN- JA SADEVEDENPOISTOJÄRJESTELMÄ /2/	25
3.6	AVIONIIKAN JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ /2/	26
3.7	OHJAAMON JÄÄHDYTYS- JA HUURTEENPOISTOJÄRJESTELMÄ /2/	28
3.8	OHJAAMON PAINEISTUSJÄRJESTELMÄ /2/	30
3.9	KUOMUNTIIVISTYSJÄRJESTELMÄ /2/	31
3.10	HAPENKEHITYSJÄRJESTELMÄ /2/	32
3.11	TUTKAN NESTEJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ /2/	35
3.12	TUTKAN AALTOPUTKEN PAINEISTUSJÄRJESTELMÄ /2/	36
3.13	G-JÄRJESTELMÄ /2/	37
4	HORNETIN YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄN ERIKOISKURSSI /10/	39
4.1	KURSSIN SISÄLTÖ	39
4.2	ECS-JÄRJESTELMÄN TESTAUKSET	40
5	YLEISIMMÄT VIAT JA NIIDEN HUOMIOONOTTAMINEN KOULUTUKSESSA.....	42
5.1	LENTOTEKNIIKAN LOGISTIIKAN TIETOJÄRJESTELMÄ (LTJ) /5/	42
5.2	VIKAILMOITUSTEN ANALYSOINTI	43
5.3	OHJAAMON PAINEISTUS	44
5.4	TUTKAN NESTEJÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ	47
5.5	VUODATUSJÄRJESTELMÄ	49
5.6	ILMASTOINTIJÄRJESTELMÄ	51
5.7	OHJAAMON JÄÄHDYTYS- JA HUURTEENPOISTOJÄRJESTELMÄ	53
5.8	AVIONIIKAN JÄÄHDYTYS	55
5.9	HAPENKEHITYSJÄRJESTELMÄ	57

6	ANALYYSI TIETOJEN HYÖDYNTÄMINEN	59
6.1	KURSSINJOHTAJA	59
6.2	KOULUTTAJAT	60
6.3	OPPILAAT	60
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	61
	LÄHDELUETTELO	62

LYHENTEIDEN JA MERKKIEN SELITYKSET

ACS	Air Conditioning System, Ilmastointi järjestelmä
APU	Auxiliary Power Unit, Apuvoimalaite
AUTO	Automatic, Automaattinen
BIT	Built-In Test, Itsekoestus
ECS	Enviromental Control System, Ympäristöjärjestelmä
HN	F-18 Hornet, Hävittäjä
LTJ	Lentoteknillisen logistiikan tietojärjestelmä
MSP	Maintenance status panel, Huolto koodien näyttölaite
OBOGS	On-Board Oxygen Generating System, Hapenkehitysjärjestelmä

1 JOHDANTO

Ilmavoimien F-18 Hornet torjuntahävittäjä on tuonut lisää haasteita erityisesti erikoiskoulutukseen. Vaikka kone on ollut käytössä jo kauan, niin koulutuksen tason pitäminen korkealla on vaativaa. Järjestelmäkurssin toteutukseen aiheuttavat suuria haasteita koulutuksen nousujohteisuus ja kurssille osallistuvien oppilaiden vankka Hornet kokemus.

Tässä tutkintotyössä perehdyttiin Hornetin ympäristöjärjestelmän eli ECS-järjestelmäkurssin toteutukseen ja järjestelmän yleisimpiin vikoihin. Tutkintotyön tarkoituksena oli analysoida ympäristöjärjestelmän alajärjestelmien yleisimmin esiintyneet viat ja niiden korjaustoimenpiteet. Kurssin toteutusta analysoitiin opetussuunnitelman mukaan, koska kurssi tulee järjestää suunnitelman mukaisesti.

Kurssin tavoitteena on lisätä ECS-järjestelmän toiminnan ymmärtämistä siten, että järjestelmän toimilaitteiden viat ja häiriöt osattaisiin paikantaa mahdollisimman tarkasti. Tällöin viat saadaan korjattua nopeammin ja taloudellisemmin, eikä vaihdeta turhaan ehjiä laitteita.

ECS-järjestelmäkursseja on järjestetty aikaisemmin kolme kertaa. Ensimmäinen kurssista oli koneen valmistajamaan ja kaksi muuta Ilmavoimien teknillisen koulun järjestämiä. Tutkintotyön tekijänä minulla oli mielenkiintoa aiheeseen, koska toimin viimeisimmän kurssin johtajana. Aikaisemmista kursseista ei kurssin johtajalla ollut muuta suunnitteluun liittyvää tietoa kuin opetussuunnitelma, joten se antoi haasteita kurssin järjestämiselle.

1.1 Ilmavoimat /12/

Suomen ilmavoimat on perustettu 6.3.1918. Ruotsalainen Kreivi Eric von Rosen lahjoitti Suomen ilmavoimille ensimmäisen lentokoneen (Morane-Saulnier Parasol) ja koneen vastaanottopäivä valittiin ilmavoimien perustamispäiväksi. Tämä päivämäärä on pysynyt nykyisinkin ilmavoimien vuosipäivänä.

Ilmavoimien torjuntakyky vietiin uudelle tasolle, kun 1990-luvun lopulla MiG-21BIS ja Saab Draken -kalusto korvattiin F-18 Hornet-kalustolla. Uuden kaluston hankinta johti siihen, että laatuun alettiin kiinnittää huomiota entistä enemmän. Ilmavalvonta- ja taistelunjohtojärjestelmiä jouduttiin kehittämään ja henkilöstön koulutukseen panostettiin paljon.

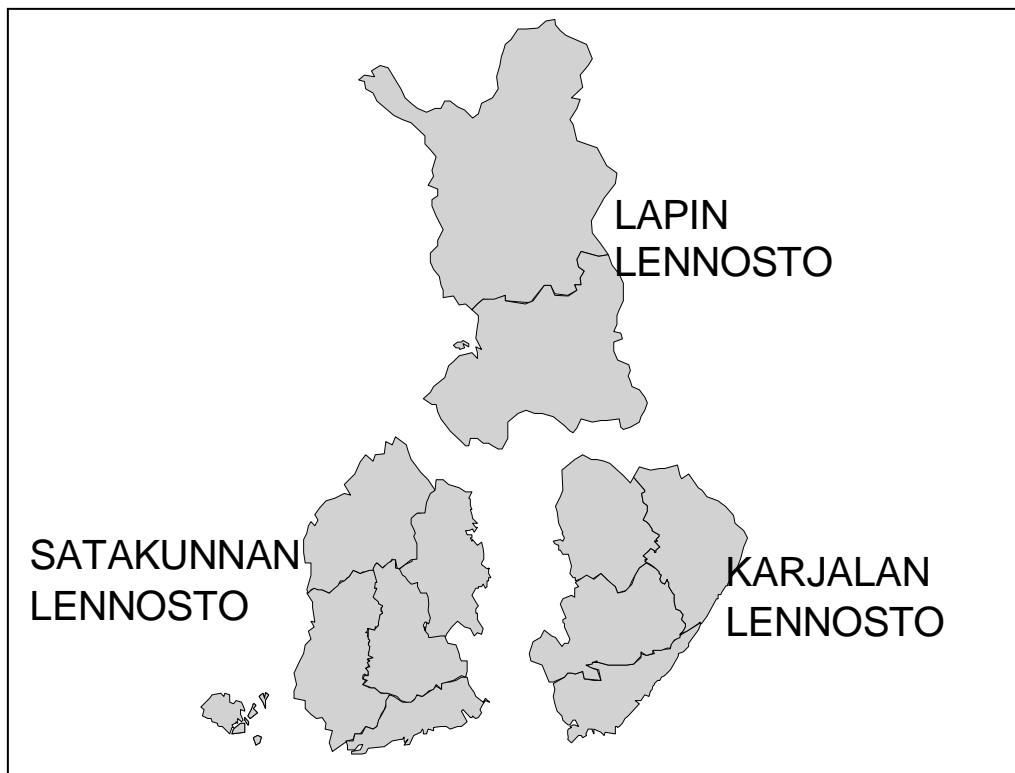
F-18 Hornetin käyttöönotto vaikutti oleellisesti myös kansainväliseen toimintaan, joka tarkoittaa osallistumista kansainvälisiin lentotoimintaharjoituksiin ja kriisinhallintaoperaatioihin. Tavoitteina onkin kehittää kansallista puolustusta ja ilmavoimien henkilöstön kouluttamista eri tehtäviin kriisinhallintatoiminnassa ja – operaatioissa. Suomen ilmavoimilla on vuoden 2010 alusta alkaen perusvalmiudessa kansainvälisiin kriisinhallintaoperaatioihin kykenevä Hornet-valmiusyksikkö.

Rauhan aikana ilmavoimien päätehtävä on maamme ilmatilan jatkuva valvonta ja vartiointi. Sodan aikana päätehtävä on hävittäjätorjunta. Ilmavoimien perustehtäviin kuuluu myös kaikissa valmiustiloissa tapahtuva tunnistuslentotoiminta sekä sodan ajan joukkojen koulutus. Ilmavoimien tehtäviä ovat myös lentotiedustelut, laskuvarjopudotukset, erikoisoperaatiot ja muut tukitehtävät.

Maa- ja merivoimia tuetaan torjumalla niiden toimintaa uhkaavat vaaralliset pommikoneet ja rynnäkkökoneet. Hävittäjillä suojataan myös valtakunnallisesti tärkeitä kohteita kuten pääkaupunkiseutua. Ilmavoimien tärkeyttä maamme puolustuksessa osoittaa se, että todennäköisin aseellinen uhka kiristyneessä kansainvälisessä tilanteessa kohdistuu Suomeen ilmasta. Mikäli ilmavoimiemme toimintakykyyn uskotaan maailmalla niin ulkopuolinen päätös ilmatilamme hyväksikäytöstä ja riski tulla vedetyksi mukaan sotaan laskee. /13/

Mikäli ilmapuolustuksella halutaan saavuttaa haluttu hyökkäystä ja sotaa ennaltaehkäisevä vaikutus pitää ilmavalvontamme suorituskyky, lentokalustomme laatu, lukumäärä ja käyttö sekä henkilöstön koulutustaso olla hyvällä tasolla. Sodan ajan tarpeiden mukaista suorituskykyä onkin ylläpidettävä jo rauhan aikana, koska toimintaa seurataan ulkopuolisten taholta.

Suomen ilmatila on jaettu kolmeen Lennostojen vastuulla oleviin ilmapuolustusalueisiin (kuva 1). Pohjoisesta ilmapuolustusalueesta vastaa Lapin Lennosto, itäisestä Karjalan Lennosto ja läntisestä Satakunnan Lennosto.



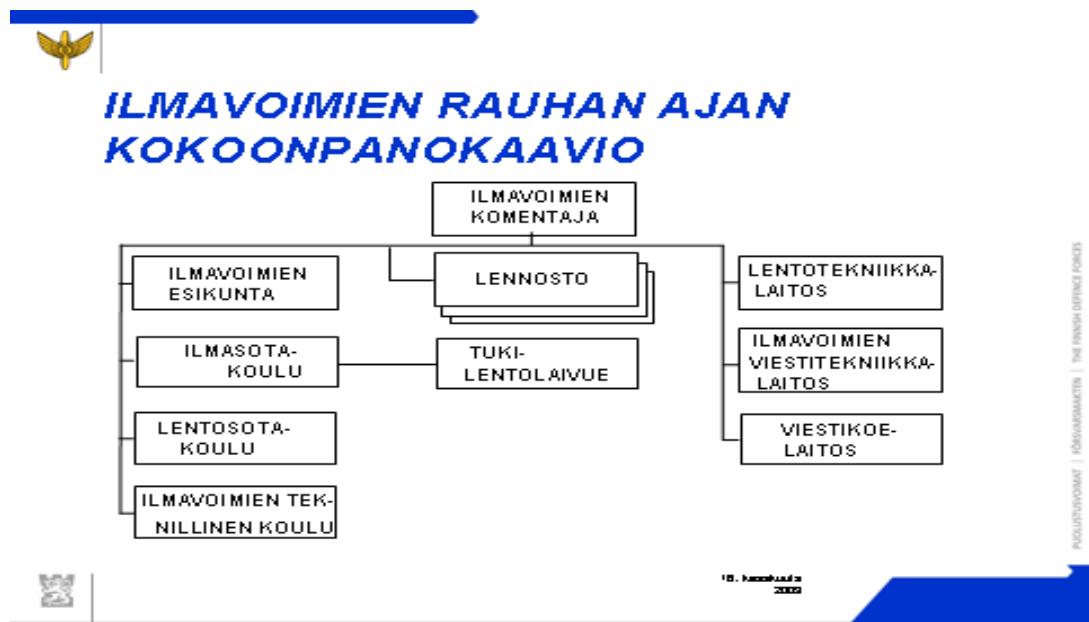
Kuva 1 Ilmapuolustusalueet /6/

Ilmavoimia johtaa Ilmavoimien Komentaja. Hänen apunaan toimii Esikunta, jonka tehtävänä on suunnitella ja koordinoida toimintaa. Lennostojen tehtävänä on ilmatilan valvonta ja suojaaminen. Lisäksi lennostot kouluttavat henkilökuntaa, varushenkilöitä ja reserviläisiä rauhan- ja sodanajan tehtäviin.

Ilmavoimien rauhanajan kokoonpanoon (kuva 2) kuuluu kolme koulua. Ilmasotakoulu, jonka tehtäviin kuuluu ilmavalvonta- ja viestihenkilöstön koulutus, Ilmavoi-

mien upseeri- ja täydennyskoulutus ja alkeislentokoulutus (yhteistyö Patrian kanssa). Ilmasotakouluun kuuluu myös Tukilentolaivue tehtävänänsä raskas yhteyskone-toiminta ja Viestikoelaitoksen tukeminen. Lentosotakoulu, jonka tehtäviin kuuluu ohjaajakoulutus ja lentotukikohdan tukihenkilöstön koulutus. Ilmavoimien teknillinen koulu, jonka tehtäviin kuuluu teknillisen henkilöstön koulutus ja lentotukikohdan tukihenkilöstön koulutus.

Ilmavoimien kokoonpanossa toimii myös kolme laitosta. Viestitekniikkalaitos, jonka tehtävänä on viesti-, sähkö- ja kuvausalan huolto ja varastointi. Viestikoelaitos, joka vastaa viesti- ja sähkömittauksista ja niiden tutkimuksista. Lentotekniikkalaitos, joka vastaa lentokoneteknillisen materiaalin hankinnasta / laadunvalvonnasta ja pitää yllä Ohjekirjallisuutta. /6/



Kuva 2 Ilmavoimien rauhan ajan kokoonpano /6/

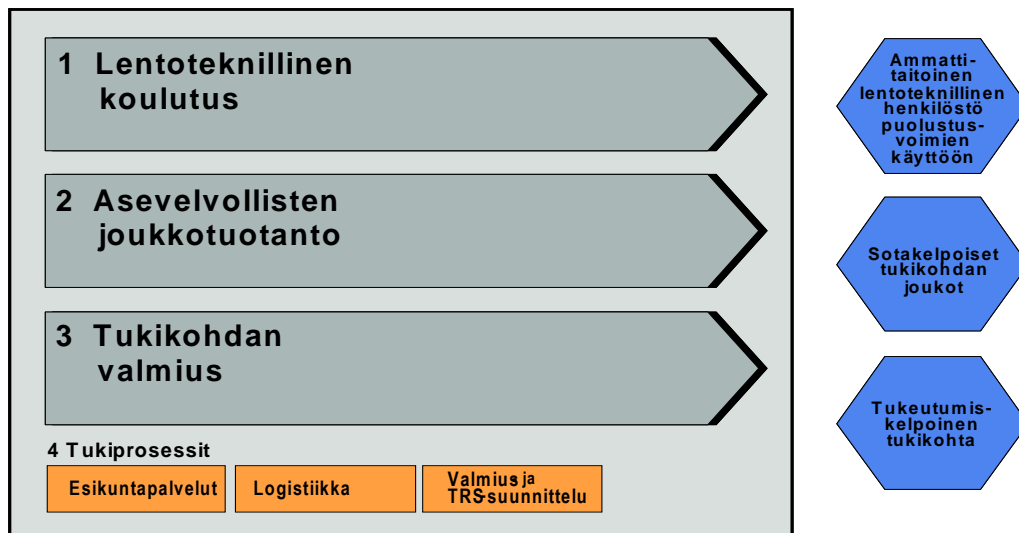
1.2 Ilmavoimien teknillinen koulu /12/

Ilmavoimien ensimmäinen mekaanikkokurssi järjestettiin 15.5.1918. Tästä kurssista katsotaan alkaneen Ilmavoimien teknillisen koulun toiminta. Lentoteknillinen koulutus jatkui vuonna 1921 Ilmailupataljoonan mekaanikkokursseilla. Koulutuspaikat vaihtelivat seuraavina vuosina siten, että 1923 koulutus siirrettiin Ilmailukoulun

Mekaanikkokouluun, joka kuului 1923-1929 Ilmailupataljoonaan ja 1929-1933 Maalentokoulun organisaatioon.

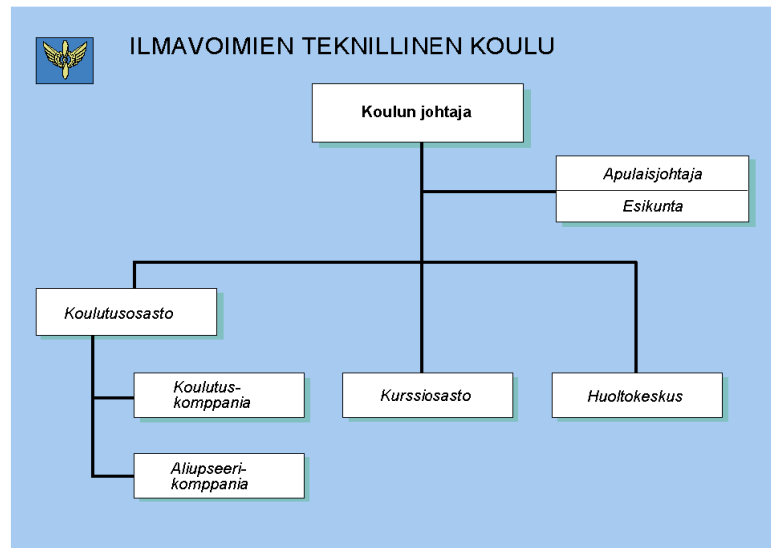
Mekaanikkokoulusta tehtiin 30.6.1933 ensimmäisen kerran itsenäinen joukko-osasto. Lentojoukkojen Teknilliseksi Kouluksi nimitys tapahtui Joulukuun alussa 1944 ja samalla ilmavoimien koko lentoteknillisen henkilöstön koulutus keskitettiin sille. Ilmasotakoulun Teknillisen Koulutusosaston nimisenä se liitettiin Ilmasotakouluun Kauhavalle 1.12.1952 ja itsenäiseksi joukko-osastoksi se erotettiin jälleen 1.11.1962 Ilmavoimien teknillisenä kouluna. Nykyisiin tiloihin Jämsän Halliin koulu siirtyi 1.6.1976. Perinnepäivää vietetään 1. marraskuuta.

Ilmavoimien Teknillinen Koulun toiminta-ajatuksena on vastata lentoteknillisen ja muun sotilaskoulutuksen toteuttamisesta Pääesikunnan ja Ilmavoimien Esikunnan edellyttämien vaatimusten mukaisesti. Ilmavoimien Teknillinen Koulu vastaa myös siitä, että Hallin tukikohta täyttää päätukikohdan operatiiviset vaatimukset ja varuskunta on ajanmukainen (kuva 3). /7/



Kuva 3 Ydintehtävät ja -tuotteet /7/

Ilmavoimien teknillistä koulua johtaa Koulun johtaja apunaan Esikunta (kuva 4), jonka eri osastot suunnittelevat ja koordinoivat omien alojensa toimintaa ja koulutusta. Koulutuspataljoona, lentoteknillinen aliupseerikomppania ja koulutuskomppania sekä koulutuskeskuksen opetusjaos ja suunnittelu- ja kehittämisjaos ovat perusyksiköitä.

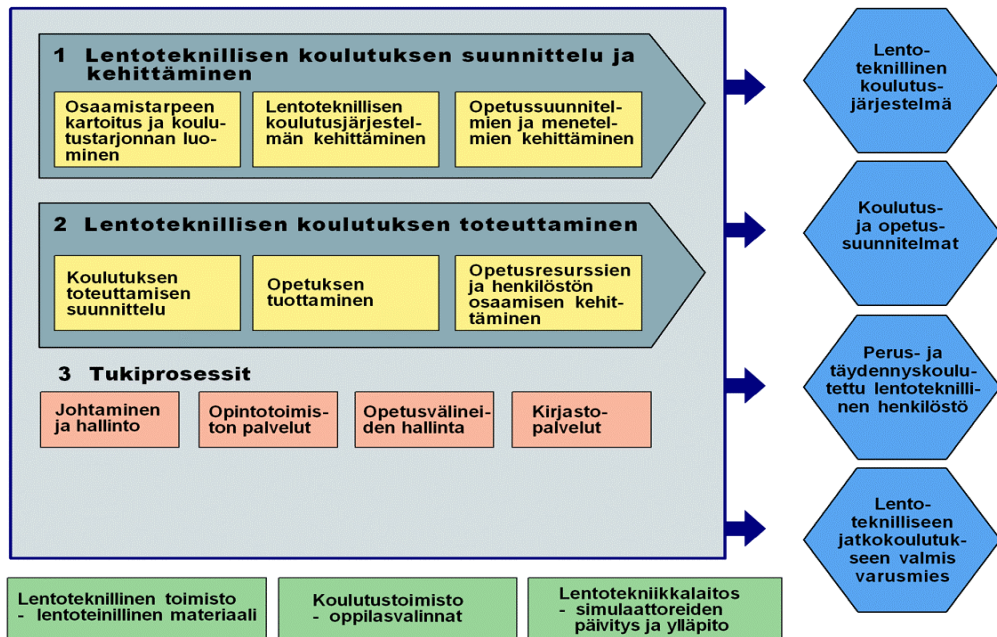


Kuva 4 Ilmavoimien teknillisen koulun organisaatio /7/

1.3 Kurssiosasto /8/

Kurssiosasto toteuttaa Ilmavoimien teknillisen koulun lentoteknillinen koulutus - prosessia (kuva 5) tuottamalla ajan vaatimuksenmukaista, ammattitaitoista ja asenteellisesti ilmailualalle soveltuvaa henkilöstöä rauhan ja sodan ajan tehtäviin. Koulutuksen taso pyritään pitämään niin korkealla, että se vastaa lentoteknillisen erikoisalan asettamiin vaatimuksiin.

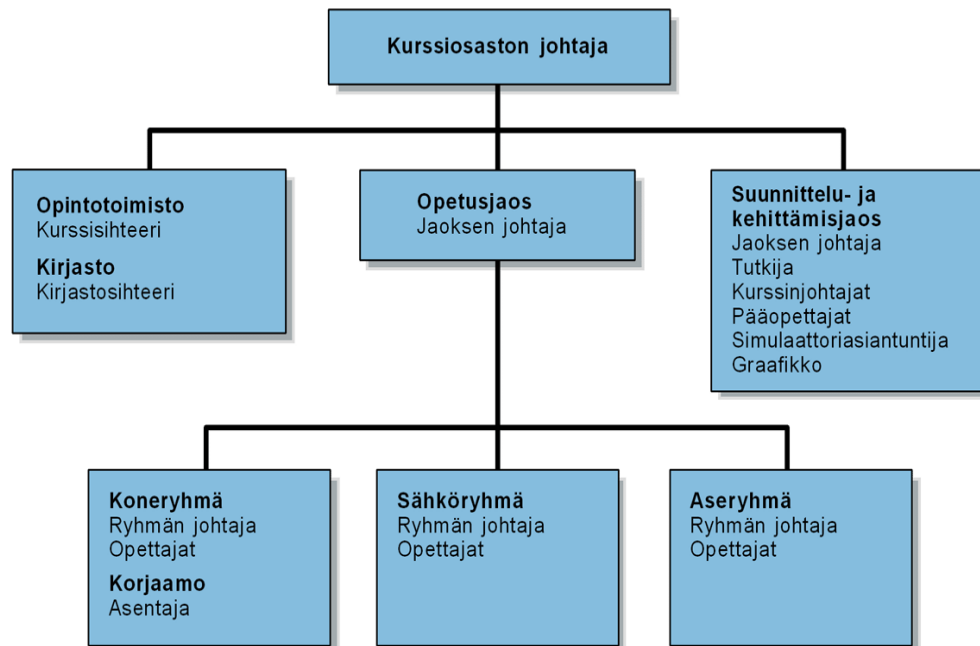
Kurssiosasto antaa perus-, jatko- ja täydennyskoulutusta varusmiehille, henkilökunnalle ja reserviläisille ja vastaa myös koulutuksen suunnittelusta ja kehittämisestä. Pääpaino on toimialan täydennyskoulutuksessa. Tehtävän hoitamiseksi kurssiosaston henkilöstöä koulutetaan jatkuvasti ja yhteistyö joukko-osastojen kanssa on aktiivista.



Kuva 5 Ilmavoimien teknillisen koulun lentoteknillinen koulutus prosessi /8/

Kurssiosaston toimintaa johtaa kurssiosaston johtaja (kuva 6). Suunnittelu- ja kehittämisjaos vastaa lentoteknillisen koulutuksen suunnittelusta ja kehittämisestä. Jaoksessa oleva kurssinjohtajat ja pääopettajat vastaavat tulevien koulutustapahtumien koordinoinnista.

Opetusjaosta johtaa jaoksen johtaja alaisinaan kone-, sähkö- ja aseryhmä. Jaos vastaa koulutuksen toteutuksesta opetussuunnitelmien mukaisesti ja opetusvälineistön ja -materiaalin päivityksestä. Ryhmät suunnittelevat lentoteknillisen alan kurssien opetussuunnitelmat ja opetusohjelmat.



Kuva 6 Kurssiosaston organisaatio /8/

1.4 F-18 Hornet /8/

F/A-18 Hornet on kehitetty Northropin prototyypistä YF-17, joka osallistui yhdysvaltain ilmavoimien kilpailuun häviten sen nykypäivänäkin käytössä olevalle F-16 Falconille. US NAVY järjesti oman laivastohävittäjä kilpailunsa pari vuotta myöhemmin. Northrop osallistui kilpailuun yhdessä McDonnell Douglas:n kanssa YF-17:sta kehitetyllä laivastohävittäjällä, jonka tyypimerkinnäksi tuli F/A-18. Uudessa tyypissä oli huomattavia muutoksia alkuperäiseen verrattuna (esim. 3500 kg painavampi). Kaksimoottorisen koneen katsottiin soveltuvan paremmin tukialuskoneeksi, joten F/A-18 Hornet hyväksyttiin laivastohävittäjäksi.

Suomeen ensimmäiset kaksipaikkaiset F-18 D koneet lensivät 7.11.1995 ja näitä koneita hankittiin 7 kappaletta. F-18 C eli yksipaikkaisia koneita hankittiin 57 kappaletta, jotka koottiin Suomessa. Ensimmäinen yksipaikkainen kone luovutettiin Ilmavoimille kesäkuussa 1996 ja viimeinen kone luovutettiin ilmavoimien käyttöön elokuussa 2000. Yksi F-18 C-mallin kone on tuhoutunut lento-onnettomuudessa 2001.

Taulukko 1 F-18 Hornet: teknisiä tietoja /1/

Konetyyppi:	Boeing F-18C ja F-18D Hornet
Alkuperämaa:	Yhdysvallat
Tyyppi:	Yksipaikkainen suihkuhävittäjä
Voimalaite:	Kaksi 7 983 kp General Electric F404-GE-402 – ohivirtausmoottoria
Suoritusarvot:	Suurin nopeus matalalla 1 300 km/h, korkealla 1,8 Machia, pisin lentomatka lisäsäiliöiden kanssa korkealla 3 700 km, lakikorkeus 15 000 m
Tyhjäpaino:	10 680 kg
Suurin lentopaino:	23 541 kg
Pituus:	17,07 m
Korkeus:	4,67 m
Kärkiväli:	11,43 m
Aseistus:	Tutka- ja infrapunaohjukset, 20 mm tykki
Miehistö:	1 tai 2 henkilöä
Maksiminopeus:	Mach 1,8, matalalla 1300 km/h
Lakikorkeus:	15 000 m

2 KURSSIT /11/

Tyypikoulutuksella (kuva 7) tarkoitetaan lentoteknillisen henkilöstön koulutusta, jonka perusteella ko. henkilö on pätevä lentokonetyöhön ja voi tehdä päätöksiä tehtävänsä rajoissa lentokonetyypin lentokelpoisuudesta ja teknisestä kunnosta.

Konetyyppikohtainen koulutus voidaan antaa sen jälkeen, kun henkilö on suorittanut lentoteknillisen toimialan tehtäviin vaadittavan peruskoulutuksen. Tyypikohtainen koulutus antaa perusteet, valmiudet ja kelpoisuudet sotilasilma-aluksen käyttöhuolto-, määräaikaishuolto- ja vikakorjaustehtävien suorittamiseen. Tyypikoulutus tuottaa ammattitaitoista henkilöstöä rauhan ja sodan ajan tehtäviin lentokaluston käytön ja toiminnan mahdollistamiseksi kaikissa toimintaolosuhteissa.

Hornetin tyypikurssi muodostuu nousujohteisesti kolmesta vaiheesta: käyttöhuoltokurssi (8 ov), työssäoppimisjakso (vähintään 12 kk) ja tyypikurssin teoriajakso (6 ov). Tyypikurssin tavoitteena on taata oppijalle tarkoituksenmukainen, turvallinen ja nousujohteinen HN-tyypikoulutus.

Tyypikurssin jälkeen toteutettava HN-järjestelmäkoulutus järjestetään ilmavoimien joukko-osastojen tarpeiden mukaisesti. Opiskelua kuvaavat itseohjautuvuus, yhteistoiminnallinen oppiminen, oppimaan oppiminen ja analyyttinen ajattelu. Koulutus toteutetaan käyttäen apuna koneen ohjekirjallisuutta, huoltosimulaattoreita, tietokoneavusteisia opetusohjelmia ja opettajien laatimaa materiaalia. Koulutus tapahtuu opettajajohtoisesti, ryhmätyömaisesti tai harjoittelun omaisesti ja siinä voidaan käyttää apuna myös moni-muotoista opiskelua. Lisäksi koulutuksessa tukeudutaan mahdollisuuksien mukaan myös puolustusvoimien sisäiseen ja yleiseen tietoverkkoon.

/10/



Kuva 7 HN-tyyppikoulutus /11/

2.1 Käyttöhuoltokurssi

Käyttöhuoltokurssi on osa koneen tyyppikurssia ja tyyppikelpuutukseen johtavaa koulutusta. Sen tavoitteena on antaa lentoteknillisen peruskoulutuksen omaavalle henkilölle sellainen käyttöhuoltokelpuutus, millä pystytään toimimaan käyttöhuolto-tehtävissä. Tarkoittaa sitä että hän osaa tehdä ja kuitata itsenäisesti tarkastuksia, täyt-töjä ja pieniä laitevaihtoja.

Kurssin opintojen laajuus on 8 opintoviikkoa, jotka koostuvat kolmesta osajaksosta. Ensin on 1 opintoviikon pituinen joukko-osastojen toteuttama perehdyttämisjakso, jonka jälkeen Ilmavoimien teknillisessä koulussa alkaa 4 opintoviikon mittainen teo-riajakso. Teoriajakson jälkeen joukko-osastot kouluttavat vielä 3 opintoviikon verran käyttöhuoltokoulutusta. Kurssin jälkeen joukko-osasto voi myöntää käyttöhuoltokel-puutuksen kurssin hyväksytysti suorittaneille.

2.2 Työssäoppimisjakso

Joukko-osastossa suoritettava työssäoppimisjakso pitää kestää vähintään 12 kuukaut-ta, mutta mieluummin 2-3 vuotta. Jakso alkaa siitä päivämäärästä kun oppijan käyt-töhuoltokelpuutus astuu voimaan. Koulutus toteutetaan tyyppikelpuutetun henkilön ohjaamana ja siinä on tarkoitus antaa oppijalle koneen järjestelmien syvällisempää

tietoa. Jakson aikana varmistetaan myös oppijan riittävästä englannin kielen taidosta ja annetaan myös mahdollisuus kielitaidon kehittämiseen.

2.3 Tyypikurssi

Tyypikurssin suorittamisen edellytyksenä on, että oppija on hyväksytysti suorittanut kaikki kurssin rakenteeseen kuuluvat osajaksot. Myös kurssin tavoitteiden toteutumiseen vaaditaan riittävä lentoteknillinen peruskoulutus, teknisen englanninkielen taito ja aktiivisesti ohjattu työssä oppiminen.

Tyypikurssin tavoitteena on antaa oppijalle tarkoituksenmukainen, turvallinen ja nousujohteinen HN -tyypikoulutus, jonka tavoitteena on antaa oppijalle:

- valmius itsenäiseen tyypikohtaisen tiedon hakuun ja käyttöön
- käyttöhuoltokurssin jälkeen valmius huoltotason I (käyttöhuolto ja vikakorjaukset) työskentelyyn
- käyttöhuoltokurssin jälkeen valmius ohjattuna huoltotason II (määräaikaisten ja vikahuollot) työskentelyyn
- tyypikurssin teoriajakson jälkeen tyypikohtainen teoreettinen valmius tyypikelpuutuskoulutusta varten
- tyypikurssin teoriajakson jälkeen valmius jatko-opiskeluun järjestelmäkursseilla.

2.4 Järjestelmäkoulutuksen perusteet /10/

Järjestelmäkoulutus antaa syvällistä tietoa opiskeltavasta järjestelmästä ja käytännössä havaitusta ongelmista ja vikatapauksista. Tämän lisäksi kursseilla opiskellaan käytössä olevien tiedonkeruujärjestelmien hyödyntämistä. Kurssilla pyritään antamaan opiskelijalle itselleen mahdollisuus hankkia tietoa ja käyttää niitä tietoja hyväksi vikojen havaitsemiseksi.

Koulutus tapahtuu opettajajohtoisesti, ryhmätyöhön perustuen tai harjoittelun omaisesti. Lisäksi koulutuksessa voidaan tukeutua myös puolustusvoimien sisäiseen ja yleiseen tietoverkkoon. Koulutuksessa käytetään apuna koneen ohjekirjallisuutta,

huoltosimulaattoreita, tietokoneavusteisia opetusohjelmia ja opettajien laatimaa materiaalia.

Kurssin suorittanut tuntee järjestelmän ja sen laitteiden toiminnan siten, että:

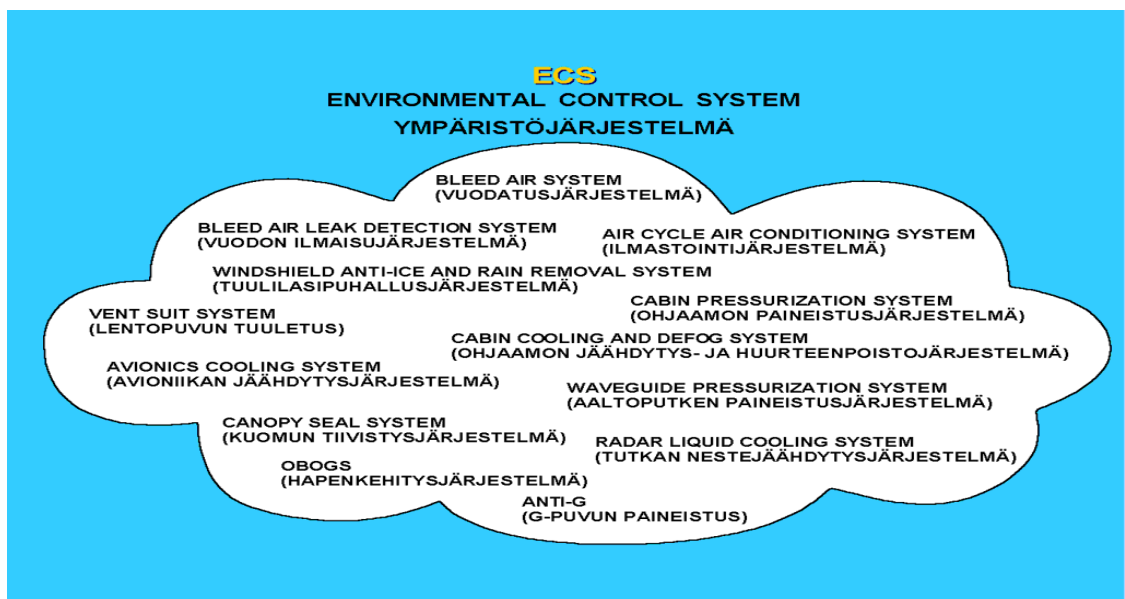
- pystyy itsenäisesti tekemään järjestelmän ja laitteiden testaukset ja määräaikaishuollot
- hänellä on valmiuksia tehdä järjestelmän ja laitteiden vianpaikannukset ja tarvittavat vikakorjaukset
- pystyy toimimaan järjestelmän osalta asiantuntijana päätettäessä koneen tehtäväkelpoisuudesta

3 YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄ

Nykypäivän hävittäjäkone on niin kehittynyt, että melkeinpä jokainen järjestelmä toimii tietokoneohjatusti. Nämä kaikki sähköiset toimilaitteet vaativat suuren jäähdytys tarpeen toiminnan varmistamiseksi ja tietenkin laitteiden käyttöiän pidentämiseksi.

Ympäristöjärjestelmä käyttää normaalitoiminnassaan koneen moottorin viimeiseltä vaiheelta otettua vuodatusilmaa. Järjestelmän suunnittelun lähtökohtia on tyydyttää koneen kaikki paineistus ja jäähdytys tarpeet, säätää paineistus ja jäähdytys tehokkaasti mahdollisimman pienellä vuodatusilmamäärällä ja monien jäähdytyslähteiden joustava käyttö.

Ympäristöjärjestelmä koostuu 13 eri osajärjestelmästä (kuva 8). Tärkeimpinä tehtävinä on säätää ohjaajalle lämpötila ja paineistus sopivaksi, avioniikka- ja sähkölaitteiden jäähdyttäminen siten, että ne toimivat kunnolla ja niillä on pitkä käyttöikä sekä jään ja huurteen poisto tuulilasilta niin ulko- kuin sisäpuolelta hyvän näkyvyyden takaamiseksi. Hornetissa on myös muita järjestelmiä (polttoaine-, tykki-, kuomuntiivistys-, jne järjestelmät), jotka tarvitsevat ympäristöjärjestelmän tuottamaa vuodatusilmaa. /9/



Kuva 8 Ympäristöjärjestelmän 13 osajärjestelmää /9/

3.1 Ympäristöjärjestelmän ohjaus ja toiminta /2/

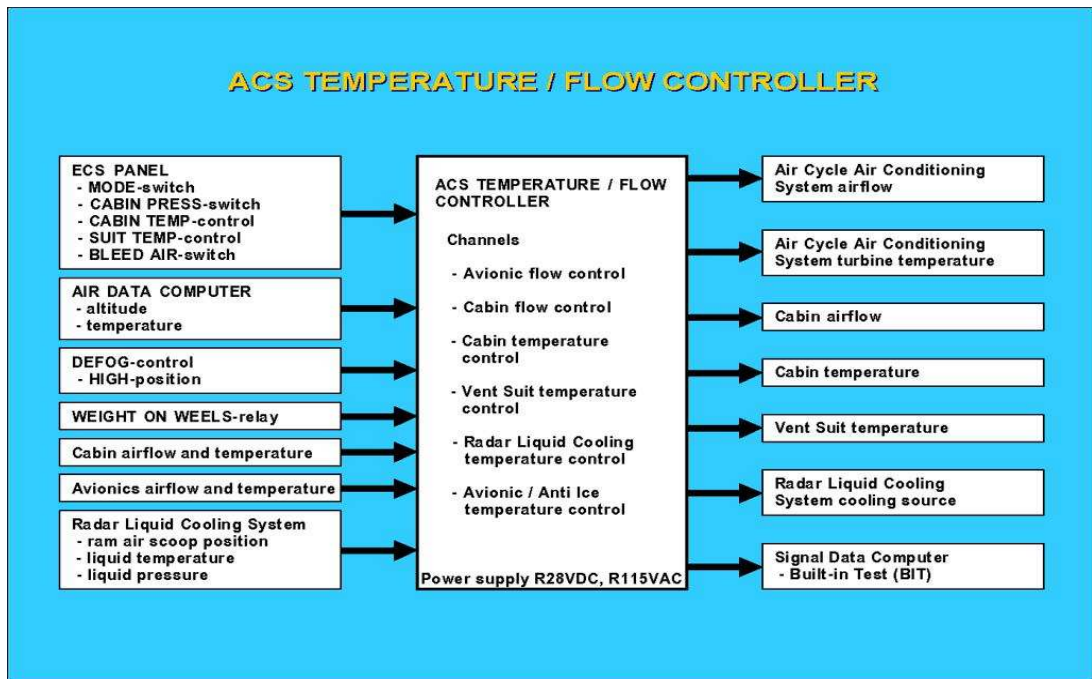
Hornetin ympäristöjärjestelmä on suunniteltu kuormittamaan mahdollisimman vähän lentäjää. Normaalitoiminnassa, AUTO modella, lentäjän ei tarvitse puuttua järjestelmän toimintaan lentotilan ja/tai moottorien tehoasetusten muuttuessa. Lentäjä voi halutessaan säätää manuaalisesti ilmavirtausta ja lämpötilaa.

Normaalitoiminnassa ympäristöjärjestelmää ohjaa kuudella eri kanavalla järjestelmän ohjausyksikkö (ACS temperature/flow controller). Ohjausyksikkö saa järjestelmästä syötetietoa, jonka mukaan se ohjaa yksiköstä lähtevällä tiedolla järjestelmän venttiileitä (kuva 9).

Ohjausyksikön ohjauskanavat

- Avioniikkatilan jäähdytyksen lämpötilan valvonta
 - Ohjauskanava varmistaa, että ilmastointiturbiinilta lähtevä ilma on niin kylmää kuin mahdollista, ilman että jään muodostusta tapahtuu. Osaa tästä ilmasta käytetään avioniikan jäähdytykseen. Alle 7,6 km:n korkeudessa lämpötila pidetään +4.5 °C:ssa. Tästä eteenpäin lämpötila laskee lineaarisesti -17.8 °C:een korkeudessa 13 km.
- Lentopuvun jäähdytysilman lämpötilan valvonta
 - Automaattinen ja manuaalinen toiminta. Automaattisessa järjestelmässä säilyttää puvun lämpötilan halutulla tasolla. Manuaalisessa lentäjä säätää lämpötilan itse. Suomen ilmavoimien koneissa järjestelmä ei ole käytössä.
- Ohjaamon lämpötilan valvonta
 - Ohjauskanava varmistaa ohjaamon anturilta tulevan lämpötila tiedon olevan saman kuin mitä ohjaaja on lämpötilakytkimellä asettanut.
- Avioniikkatilan ilman virtauksen valvonta
 - Ohjauskanava varmistaa, että avioniikkatilan jäähdytys on riittävää.
- Ohjaamon ilman virtauksen valvonta
 - Ohjauskanava tarvitsee lentokorkeus ja ulkoilman lämpötila tiedon määrittääkseen tarvittavan ilmavirtauksen ohjaamoon.
- Tutkan nestejäähdytyksen lämpötilan valvonta

- Ohjauskanava säättää ilmapvirtausta neste/ilma –lämmönvaihtimen läpi, jossa tutkan jäähdytysneste jäähdytetään.



Kuva 9 Ohjausyksikön ohjauskanavat /9/

Ohjausyksikkö saa toimintaansa syötetietoa:

- ECS-paneelin käyttökytkimiltä ohjaajan valitsemat asetukset
- Air Data Computerilta lämpötila ja korkeustiedon
- DEFOG-kytkimeltä huurteenpoisto tiedon
- WEIGHT ON WEELS-kytkimeltä paino pyörillä tiedon
- Ohjaamon lämpötila ja virtaus tiedon ohjaamon anturilta
- Avioniikan lämpötila ja virtaus tiedon avioniikkatilan anturilta

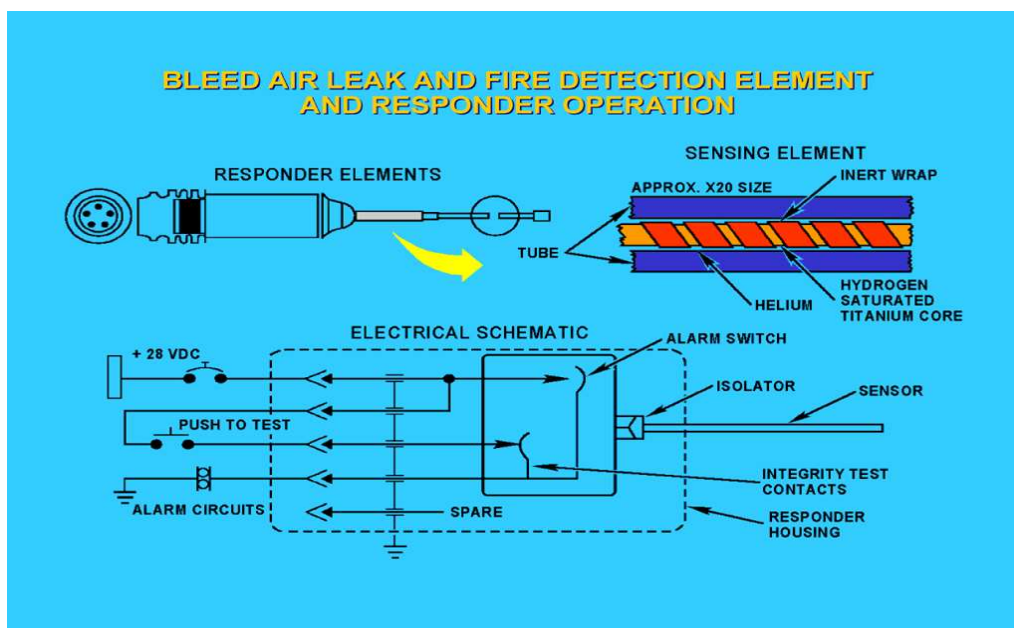
Ohjausyksiköllä on oma testausjärjestelmänsä BIT (built-in test), joka testaa itse yksikön ja kymmenen siihen liittyvää komponenttia. Jos jokin komponentti ei läpäise BIT:ä asettuu MSP-koodi. BIT käynnistyy kun ohjausyksikkö saa virtaa. Lennolla yksikkö ajaa BIT:n 90 sekunnin välein ja sen kesto on 9 sekuntia. Kaksi perättäistä epäonnistunutta BIT:ä asettaa MSP-koodin.

MSP-koodien asettuessa laitetta testataan 410-200 kirjan ohjeiden mukaisesti. Testaaminen on joko vastusmittauksia laitteen pinneistä tai painemittauksia ECS-järjestelmästä. Tuloksista riippuen vaihdetaan joko itse controlleri, MSP-koodiin liittyvä sensori, ECS:n käyttöpaneeli tai koodiin liittyvä venttiili.

3.2 Vuodonilmaisujärjestelmä /2/

Järjestelmä ilmaisee moottoritilassa olevien vuodatusjärjestelmän putkistojen pistemäisen kuumanilman vuodon tai laajemman ylikuumenemisen. Järjestelmä koostuu vuodonilmaisuohjausyksiköstä (bleed air leak detection warning system control unit) sekä kymmenestä ilmaisusilmukasta (sensing elements) (kuva 10).

Kun ohjausyksikkö havaitsee ilmaisusilmukan ilmaisevan kuumailmavuotoa tai ylikuumenemistä oikeassa tai vasemmassa moottorissa, se sulkee ko. moottorin kuumanilman vuodatuksen. Mikäli ilmaisu tulee molemmilta moottoreilta ohjausyksikkö sulkee koko järjestelmän kuumanilman vuodatuksen. Mikäli järjestelmä havaitsee kuumanilman vuotoa, niin se antaa myös varoitukset ohjaamon varoitusvalo paneeliin.

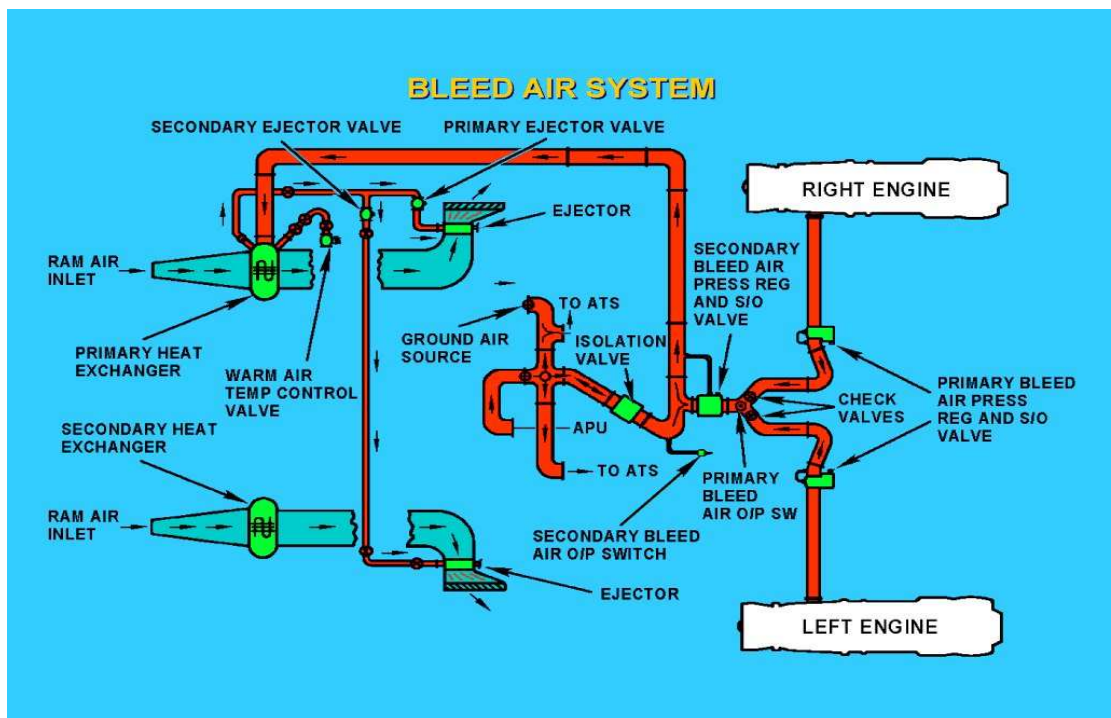


Kuva 10 Vuodonilmaisujärjestelmä /9/

3.3 Vuodatusjärjestelmä /2/

Vuodatusjärjestelmän (Bleed Air System) tehtävänä on johtaa kuumaa ilmaa moottorin viimeiseltä asteelta koko ECS-järjestelmään ja säätää kuuman ilman paine järjestelmään sopivaksi (kuva 11). Järjestelmän vikaantuessa voidaan kuuman ilman vuodatus sulkea joko toiselta tai molemmilta moottoreilta. Järjestelmää voidaan käyttää myös moottorin ristiin syöttö toiminnassa, jolloin vuodatetaan ilmaa toisesta moottorista toisen moottorin ilmakäynnistinturbiinille.

Vuodatusjärjestelmän puolelta otetaan myös kuuman ilman puhallus ensiö- ja toisiolämmönvaihtimien takaosaan. Tarkoituksena on saada lämmönvaihtimien toimintaa tehostettua maassa, kun patoilmaa ei saada koneen ollessa paikoillaan. Kuuman ilman puhallus lämmönvaihtimien takaosaa aiheuttaa niin sanotun ejektori-ilmiön, jolloin patoilman virtaus tehostuu kanavassa.



Kuva 11 Vuodatusjärjestelmä /9/

Ensiöpaineensäädin (Engine Bled Air Pressure Regulating and Shutoff Valve) säätää moottorilta vuodatetun kuuman ilmanpaineen sopivaksi järjestelmään ja tarvittaessa sillä voidaan sulkea vuodatus kokonaan. Molemmilla moottoreilla on oma venttiili.

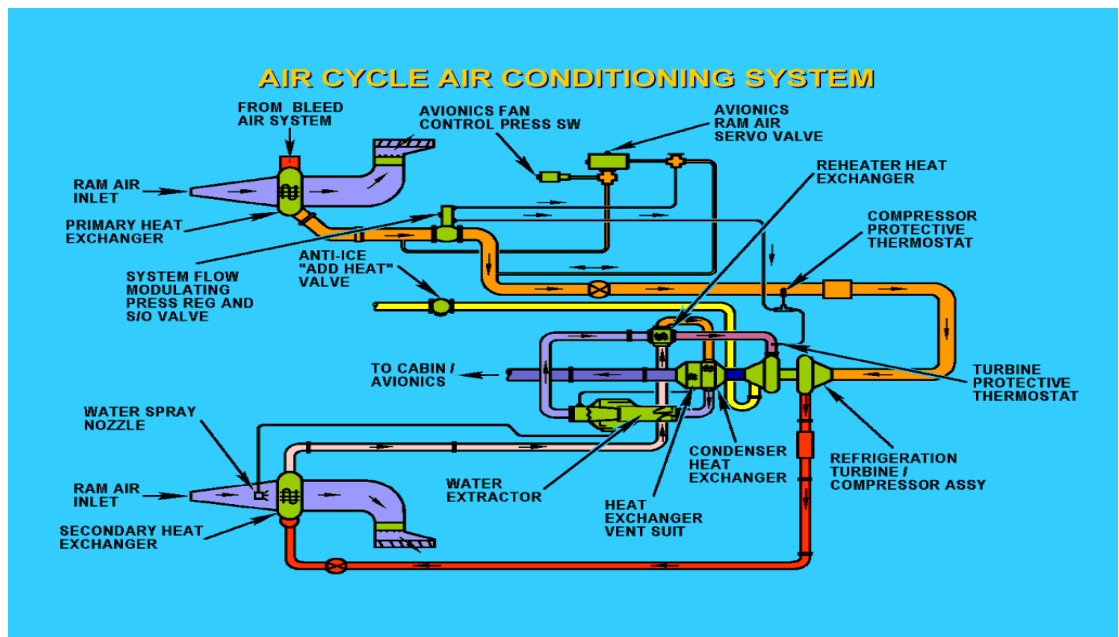
Ensiöpaineensäätimien jälkeen putkistossa on ensiöylipainekeytkin (Primary Bleed Air Overpressure Switch), joka valvoo säätimien toimintaa.

Toisiopaineensäädin (Engine Bleed Air Secondary Pressure Regulating and Shutoff Valve) on paineensäätöventtiili, joka toimii vasta sen jälkeen, kun jompikumpi tai molemmat ensiöpaineensäätimet vikaantuvat. Toisiopaineensäätimen jälkeen oleva toisiöylipainekeytkin (Secondary Bleed Air Overpressure Switch) katkaisee järjestelmän ilmanvuodatuksen ylipaine tilanteessa.

Ilmanohjausventtiili (Air Isolation Valve) ohjaa ilmaa järjestelmään, jos tarvitaan APU:n (Auxiliary Power Unit) tuottamaa ilmaa. Esim. huollossa tätä toimintaa käytetään siksi, että ei tarvitse käynnistää moottoria. Myös ristiinsyöttö tilanteissa voidaan toisen moottorin tuottamalla ilmalla käynnistää toinen moottori ilmanohjausventtiilin kautta.

3.4 Ilmastointijärjestelmä /2/

Ilmastointijärjestelmän (Air Conditioning Air Cycle System) tehtävänä on jäähdyttää vuodatusjärjestelmästä tuleva ilma ja jakaa sitä muiden järjestelmien käytettäväksi (kuva 12). Järjestelmässä on jäähdyttäviä laitteita: ensiö- ja toisiolämmönsiirtimet (Primary- and Secondary heat exchanger), jäähdytysturbiini (Turbine / Compressor assy) ja yhdistelmälämmönsiirtimet (Condenser / Reheater heat exchanger), joiden avulla, jopa $+700^{\circ}\text{C}$:n vuodatusilma jäähdytetään $+4^{\circ}\text{C}$:een.



Kuva 13 Ilmastointijärjestelmä /9/

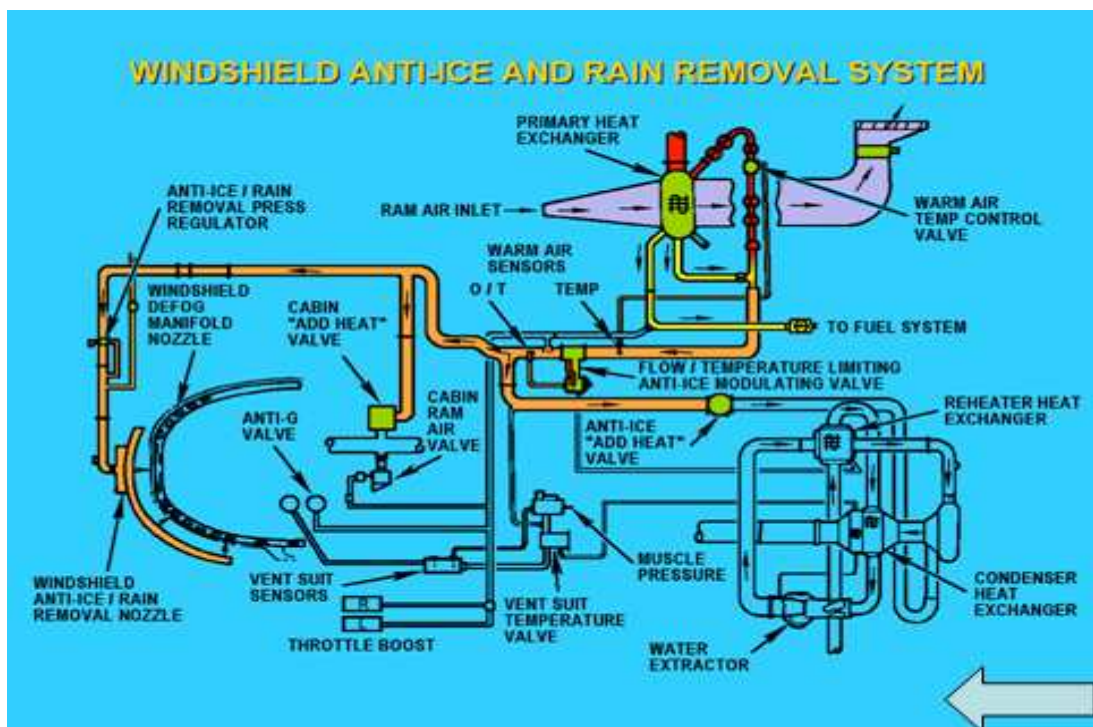
Ensiö- ja toisiolämmönsiirtimet jäädyttävät järjestelmän ilmaa koneen ulkopuolelta otetun patoilman avulla. Ensiölämmönsiirrin jakaa jäädytetyn ilman polttoainejärjestelmän paineistus-, hapenkehitys-, kuomun tiivistys-, G- ja kuomun jään- ja sadevedenpoistojärjestelmään. Toisiolämmönsiirtimen jäähdystystä tehostetaan patoilman lisäksi myös vedenerottimelta johdetulla vedellä. Lämmönsiirtimien jäähdystystä maakäytössä tehostetaan johtamalla kuumaa ilmaa siirtimien poisto-osaan kiihdyttimien (Ejector valve) kautta.

Ennen jäähdystysturbiinia on virtauksensäätö- ja sulkuventtiili, jonka tehtävänä on säätää paine sopivaksi ja myös sulkeutua silloin, kun jäähdystysturbiinin ahdin uhkaa ylikuumentua. Jäähdystysturbiinissa on ahdin- ja turbiinipuoli, joista ahdin puristaa ilman kaksinkertaiseen paineeseen ja turbiini pyörittää jäähdystysturbiinia. Suurin jäähdytys tapahtuu, kun kuuman ilman energiaa käytetään pyörittämään turbiinia.

Järjestelmässä on myös yhdistelmälämmönsiirtimet, joiden tarkoituksena on jäähdyttää ilmaa. Vedenerotin (Water extractor) erottaa veden pistämällä ilmavirran pyöri-vään liikkeeseen, jolloin vesi keskipakovoiman vaikutuksesta keräytyy erottimen ulkolaidalla olevaan kerääjäkammioon. Näin saadaan ohjaamoon ja avioniikkatilaan kuivaa ilmaa.

3.5 Tuulilasin jään- ja sadevedenpoistojärjestelmä /2/

Tuulilasin jään- ja sadevedenpoistojärjestelmän (Anti-ice and Rain Removal system) tehtävänä on poistaa tuulilasille kertynyt jää tai sadevesi kuuman paineilman avulla (kuva 14). Ohjaaja pystyy ohjaamossa olevan kytkimen avulla valitsemaan milloin ja millaisella paineella puhallus tapahtuu. Kytkimen ollessa jäänpoisto asennossa puhalluksen ilmanpaine on suurempi kuin sadeveden poisto asennossa. Puhalluksessa käytettävän ilman lämpötila on aina 130⁰C.



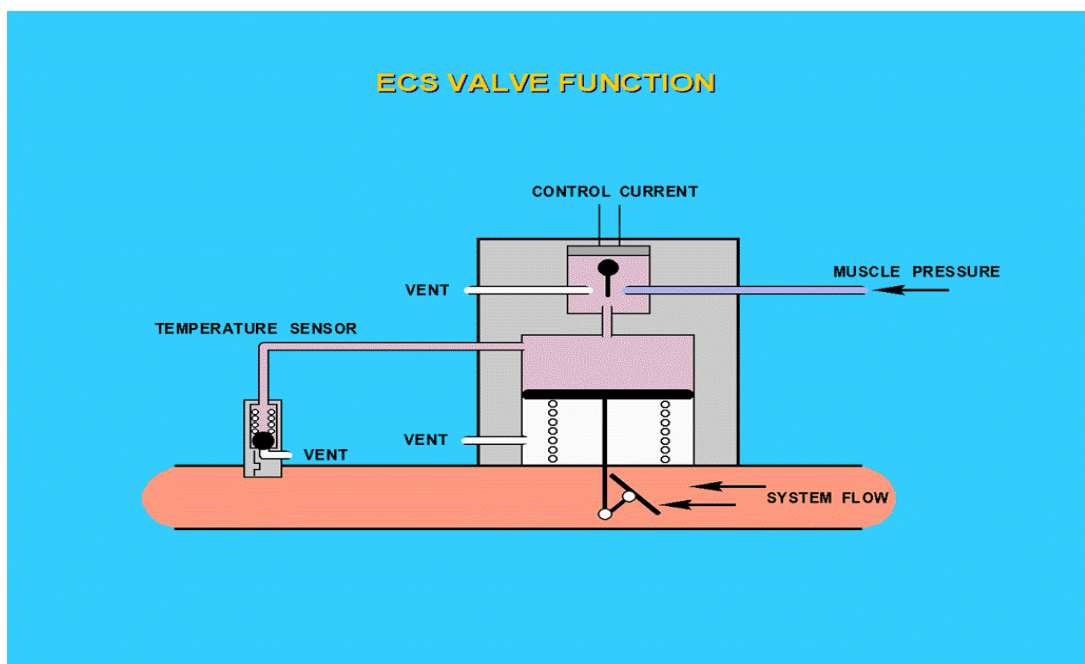
Kuva 14 Tuulilasin jään- ja sadevedenpoistojärjestelmä /9/

Lämmönsäätöventtiili (Warm Air Temperature Control Valve) säätelee lämpötilanturin (Warm Air Temperature Sensor) ohjaamana järjestelmässä virtaavan ilman lämpötilaksi 130⁰C. Sopivan lämpötilan saamiseksi lämmönsäätöventtiili sekoittaa ensiolämmönvaihtimen kuumalta puolelta tulevaa ilmaa lämmönvaihtimen kylmältä puolelta tulevaan ilmaan.

Lämmönsäätöventtiilin ja lämpötilanturin jälkeen on järjestelmässä yllilämpö- ja säätöpaineen säätöventtiili (Flow / Temperature Limiting Anti-ice Modulating Valve), jolla on kaksi erillistä toimintoa. Ensimmäinen tehtävä on sulkea yllilämpöantu-

rin (Warm Air Overtemperature Sensor) ohjaamana järjestelmä mikäli lämpötila nousee liian suureksi. Toinen tehtävä on säätää järjestelmän venttiilien käyttämä säätöpaine (Muscle pressure).

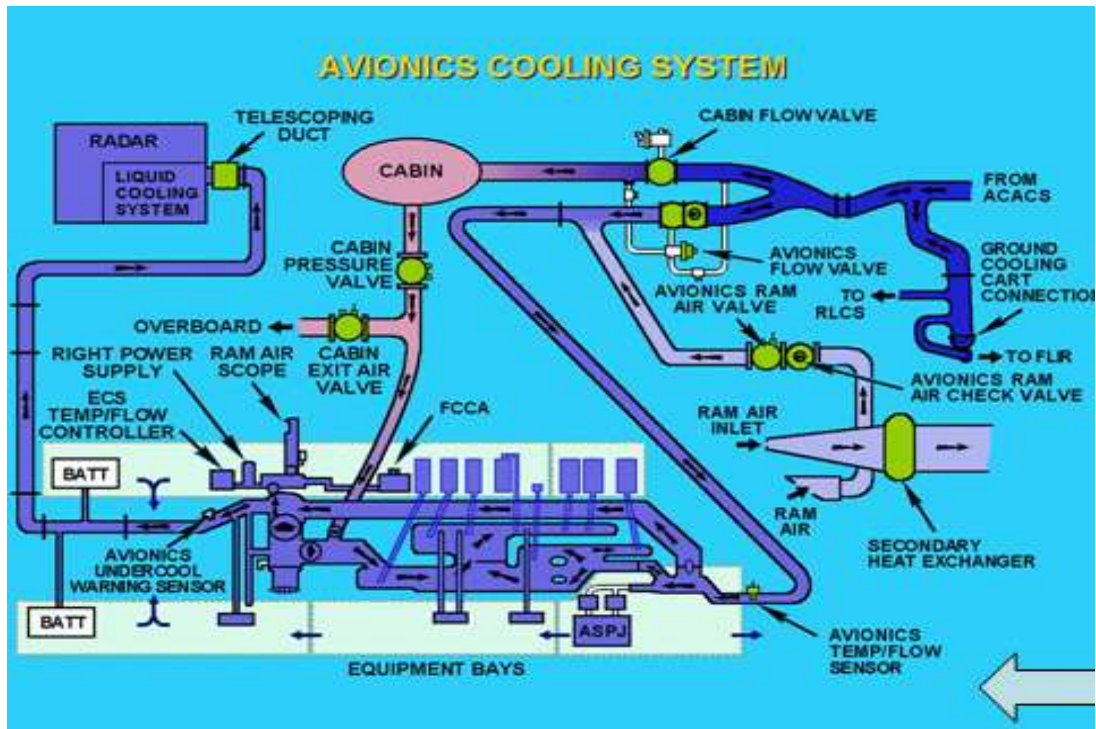
Järjestelmän venttiilien ohjaus (kuva 15) tapahtuu säätöpaineen ja jousivoiman avulla. Ohjausyksikkö antaa sähköisen tiedon venttiilin ohjaukseen (control current), joka ohjaa säätöpaineen männän yläpuolelle jouta vasten avaten venttiiliä tai vuodatukseen (vent) jolloin paine pienenee männän päällä ja jousi sulkee venttiiliä. /9/



Kuva 15 Ympäristöjärjestelmän venttiilien ohjaus /9/

3.6 Avioniikan jäähdytysjärjestelmä /2/

Avioniikan jäähdytysjärjestelmän (Avionics Cooling System) tehtävänä on jäähdyttää avioniikkatiloja ja niissä olevia laitteita niin, että laitteet eivät ylikuumene (kuva 16). Jäähdytys tapahtuu muutamaa laitteeseen rungon sisäpuolelle ja suurimpaan osaan jäähdyttävä puhallus kohdistuu laitteen rungon ulkokuoreen. Ilmaa johdetaan avioniikan jäähdytysjärjestelmään normaalitoiminnassa joko suoraan ilmastointijärjestelmästä, jolloin lisäilmaa syötetään tarvittaessa patoilmanakanavan (Ram Air Skoop) kautta tai ohjaamon ulosvirtausventtiiliin (Cabin Exit Air valve) kautta.



Kuva 16 Avioniikan jäähdytysjärjestelmä /9/

Avioniikan virtausventtiili (Avionics flow valve) rajoittaa jäähdytysilman virtausta avioniikkatiloihin siten, että riittävän suuri ilmavirta on käytössä ohjaamoon. Venttiili haistelee putkiston painetta ennen ja jälkeen ohjaamon virtausventtiiliä (Cabin flow valve) säätäen virtausta niin, että paine-ero ennen ja jälkeen ohjaamon virtausventtiiliä on sopiva. Eli mitä suurempi paine-ero on sitä enemmän avioniikan virtausventtiili avautuu.

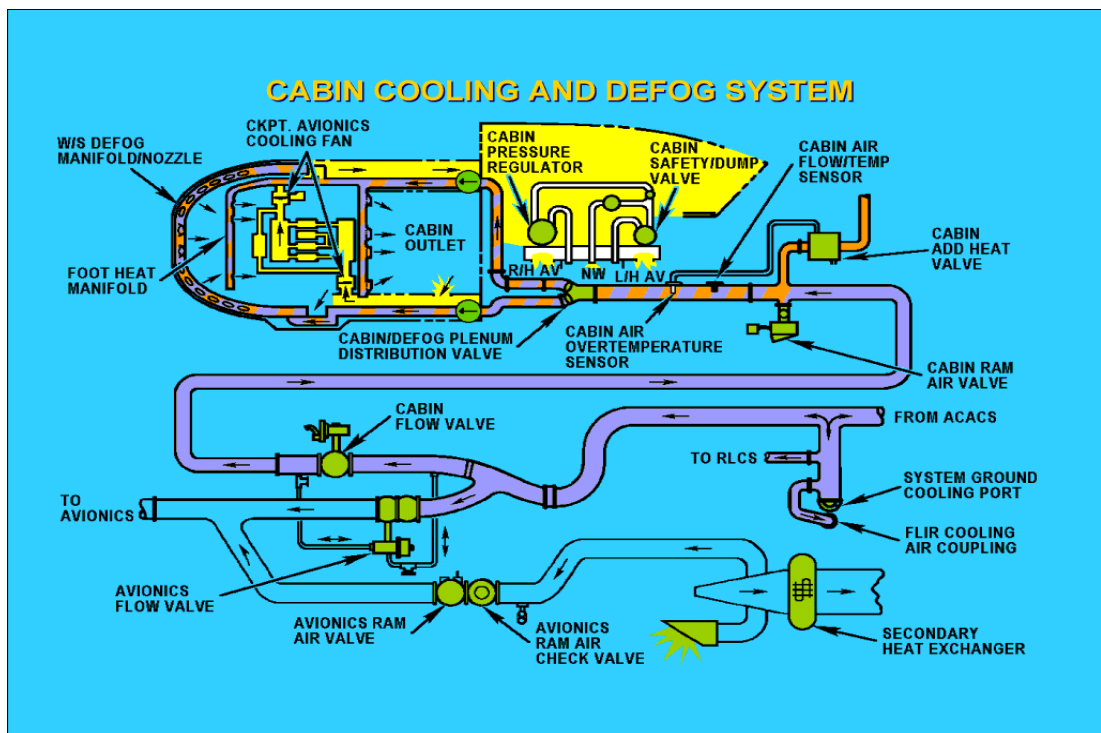
Avioniikan virtausventtiilin jälkeen on avioniikan virtaus / lämpötila-anturi (Avionics air flow / temperature sensor), joka haistelee avioniikkatilaan tulevan ilman virtausta ja lämpötilaa. Näistä tiedoista anturi lähettää signaalin järjestelmän ohjausyksikölle, joka tietojen perusteella ohjaa ilmastointijärjestelmän pääventtiiliä eli virtauksensäätö ja sulkuventtiiliä (System flow modulating pressure regulator valve) saadakseen virtausta muuttumaan ja turbiinin jäätymisenestoventtiiliä (Anti-ice add heat valve) muuttaakseen ilmanvirtauksen lämpötilaa.

Avioniikan patopaine servo (Avionics ram air servo) tunnustelee ilmastointijärjestelmän pääventtiilin virtauksen säätöä ja jos sen läpi ei virtaa riittävästi ilmaa servo

ohjaa avioniikan patoilmaventtiilin (Avionics ram air valve) auki. Patoilmaventtiilin avautuessa patopaine jäädyttää avioniikkatilaa.

3.7 Ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmä /2/

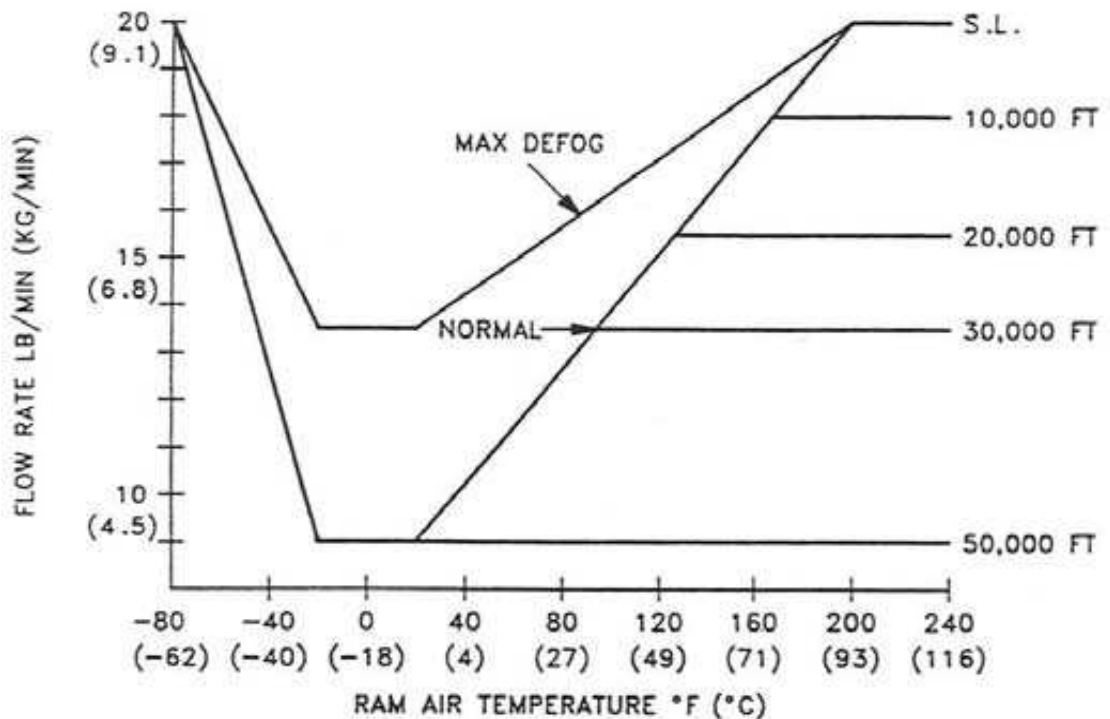
Ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmän (Cabin cooling and defog system) tarkoitus on samantyyppinen kuin normaali henkilöauton vastaava järjestelmä. Sillä hoidetaan ohjaamon lämmönsäätö ja tuulilasin huurteenpoisto. Kylmä ilma otetaan ohjaamoon ilmastointijärjestelmän ja kuuma ilma tuulilasin jään- ja sadeveden poistojärjestelmän kautta. Ohjaamossa oleva lämpötila-anturi antaa lämpötilatietoa ohjausyksikölle, joka ohjaa kuumen- ja kylmän puolen venttiileitä niin että ohjaamoon sekoittuu sellaista ilmaa kuin ohjaaja on lämmönsäätökytkimellä säätänyt (kuva 17).



Kuva 17 Ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmä /9/

Ohjaamon jäähdytysventtiili (Cabin flow valve) säätää viilennetyn ilman ohjaamoon ohjausyksikön ohjaamana. Ohjausyksikön ohjaus tapahtuu ulkoilman lämpötilan ja koneen korkeuden mukaan. Niin kuin taulukosta (Taulukko 1)

näky, jos ilman lämpötila on liian kylmää tai kuumaa tarvitsee ohjaamo lisää virtausta viilentyäkseen tai lämmitäkseen. Kylmä tai kuuma ulkoilman lämpötila vaikuttaa ohjaamon runkoon, jolloin ilmanvirtausta ohjaamoon on lisättävä niin, että rungon lämpötila saadaan pysymään sopivana. Samasta taulukosta nähdään miten koneen korkeus vaikuttaa virtaukseen. Mitä matalammalla kone on, sen lämpöisempi on ohjaamon runko. Tämä johtuu siitä, että ilman tiheys on matalalla suurempi ja kitkan vuoksi aiheuttaa lämpöä runkoon.



Kuva 18 Ohjausyksikön ohjaamoilman ohjaus ulkoilman lämpötilan ja koneen korkeuden mukaan /3/

Jotta ohjaamoon saadaan ohjaajan lämpötilan säätökytkimellä säädetty lämpötila ohjausyksikkö säättää lämpimän ilman puolelta ohjaamon lämmönlisäysventtiiliä (cabin add heat valve). Kylmä ja kuuma ilma sekoittuvat keskenään ja sekoitettu ilma siirtyy ohjaamoon. Ohjaamon ilmavirtaus / lämpötila-anturi (cabin airflow / temperature sensor) antaa sen jälkeen virtaus ja lämpötilatiedon ohjausyksikölle.

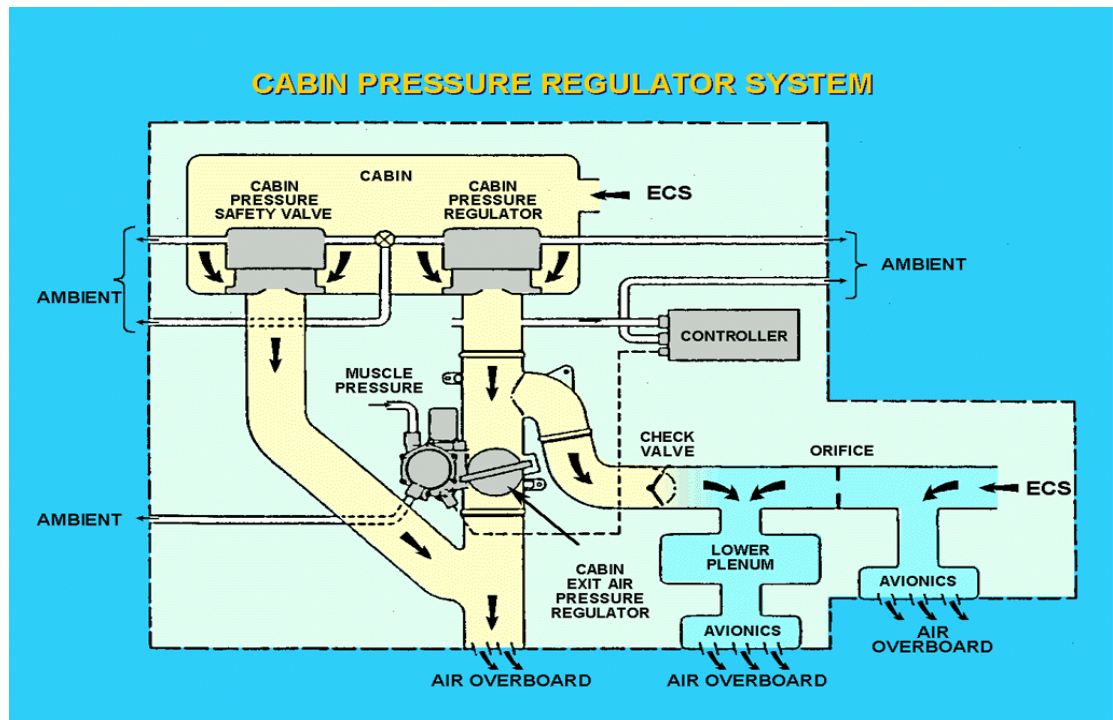
Ohjaamoilman ylikuumenemanturi (cabin air overtemperature sensor) valvoo ohjaamoon virtaavan ilman ylikuumenemaa vuodattamalla ylikuumenematilanteessa lämmönlisäysventtiilin säätöpainetta. Säätöpaineen pienentyessä venttiili sulkeutuu jousen voimasta ja estää liiallisen lämmön siirtymisen ohjaamoon.

Jäähdytys- ja huurteenpoistovenkki (cabin / defog plenum distribution valve) jakaa ilmanvirtauksen ohjaamon ja tuulilasin välille. Venkkiä ohjataan manuaalisesti kaapelin välityksellä ohjaamon huurteenpoistovenkilla. Huurteenpoistovenkipua työnnettäessä aivan etuasentoon kytkeytyy mikrokytkin, joka antaa signaalin ohjausyksikölle. Ohjausyksikkö avaa lämmönlisäysventtiiliä, jolloin tuulilasille puhaltuu kuumempaa ilmaa. Näin saadaan pikatilanteessa nopeasti tuulilasille kertynyt huurte pois.

Vikatilanteessa voidaan kylmänpuolen ilma ohjaamoon ottaa patoilmanakanavan kautta, jolloin ohjausyksikkö ohjaa patoilmaluukun ohjausventtiiliä (ram air control valve) ja patoilmaluukku avautuu. Kuuma ilma säätyy edelleenkin lämmönlisäysventtiilin kautta ohjaamon lämmönsäätökytkimen asennon mukaan.

3.8 Ohjaamon paineistusjärjestelmä /2/

Ilmanpaine pienenee, mitä korkeammalle lennetään. Tämän vuoksi koneessa on järjestelmä, joka säätää ohjaamon paineistusta niin, että paine-ero ulkoilmaan pysyy oikeana. Ohjaamon paineistus aikaansaadaan säätelämällä ohjaamosta ulosvirtaavaa ilmaa. Paineistukseen käytetään ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmästä tulevaa ilmaa (kuva 19).



Kuva 19 Ohjaamon paineistus /9/

Ohjaamon ja ulkoilman paine-eroa säätelee ohjaamon paineensäädin (aircraft cabin air pressure regulator). Paineensäädin on säädetty toimimaan 8000-23100 jalan alueella. Alle 8000 jalan paineensäätimessä oleva ulosvirtausventtiili (out flow valve) on täysin auki.

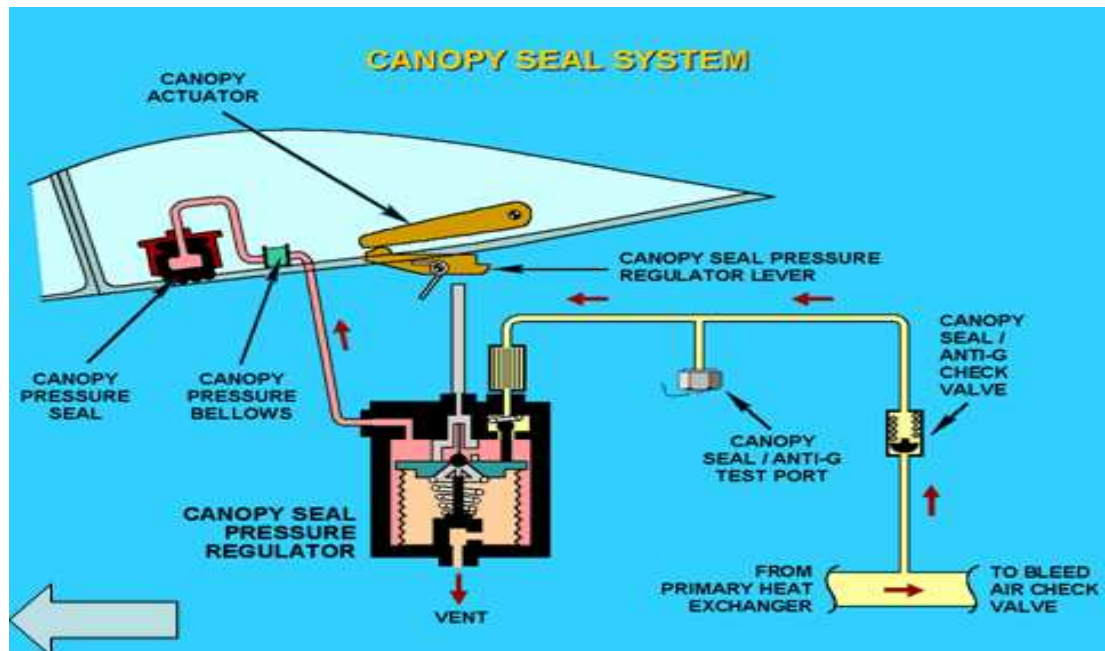
Avioniikan jäähdytysjärjestelmän ulosvirtaus venttiili (Cabin exit air valve) avustaa ohjaamon paineensäädintä pitämään tarvittava paine ohjaamossa. Ulosvirtausventtiilillä saadaan aikaan ohjaamoon paineistus merenpintatasosta 11 000 jalan korkeuteen asti.

3.9 Kuomuntiivistysjärjestelmä /2/

Kuomun tiivistys järjestelmän (Canopy seal system) tehtävänä on tiivistää ohjaamo niin, ettei ohjaamopaineistus purkaudu ulkoilmaan. Ohjaamon kuomussa on kaksi erilaista tiivistettä. Tärkeämpi tiivisteistä on painetiiviste, johon otetaan järjestelmästä painetta aina silloin, kun moottorit ovat käynnissä ja kuomu laitetaan kiinni. Teh-

tävänä painetiivisteellä on estää paineistuksen vuotaminen ohjaamosta. Toinen tiivisteistä on kuminen tiiviste, jonka tarkoituksena on estää sadeveden pääsy ohjaamoon silloin kun painetiivisteellä ei ole painetta.

Järjestelmässä on kuomun painetiivisteiden säätöventtiili (canopy seal pressure regulator), joka ohjaa ja säätelee paineen kuomun painetiivisteelle (kuva 20). Kuomun käyttölaitteiston vivun painaessa kiinni mennessään säätöventtiilin käyttökaraa niin 20 psi:n paine säätyy painetiivisteelle. Kun kuomua avataan, kuomun käyttölaitteiston vipu vapauttaa säätöventtiilin vivun, jolloin säätöventtiili päästää paineen tiivisteeltä.

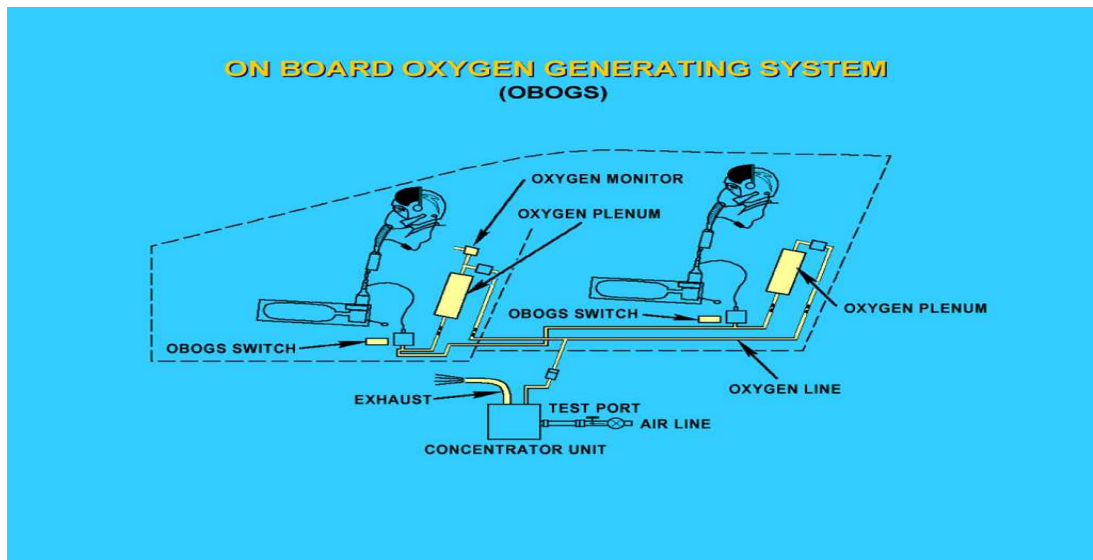


Kuva 20 Kuomun tiivistys järjestelmä /9/

3.10 Hapenkehitysjärjestelmä /2/

Hapenkehitysjärjestelmä (On-board oxygen generating system, OBOGS) erottaa ilmastointijärjestelmästä tulevasta ilmasta hapen niin, että se takaa 100% hapen ohjaajalle/ohjaajille 50.000 jalkaan saakka. Tämän vuoksi koneessa ei tarvita erillisiä happipulloja. Ainoastaan heittoistuimissa on erilliset happipullot hyppytilannetta varten, jotka joudutaan maassa täyttämään (kuva 21).

Ohjaamossa istuimen takana on hapen varoitussyksikkö (Oxygen monitor). Mikäli happirikkaan ilman paine tai happipitoisuus laskee liian alas niin varoitussyksikkö antaa varoituksen. Varoitussyksikössä on myös testipainike (BIT), jolla voidaan testata varoitussysteemin toiminta.



Kuva 21 Hapenkehitysjärjestelmä /9/

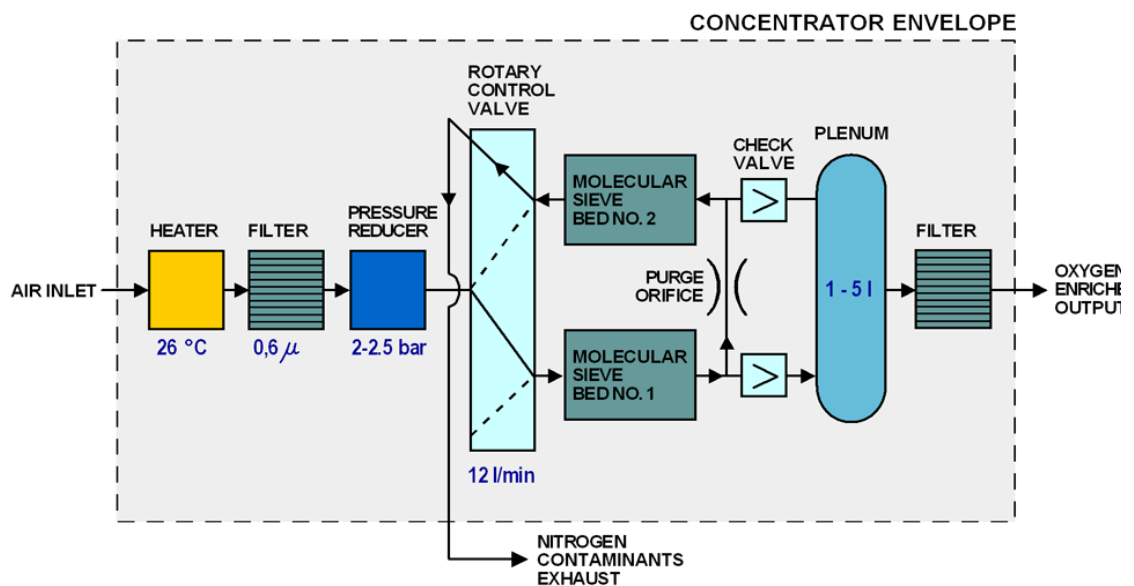
Hapenkehitin (oxygen concentrator) koostuu sähköisestä ohjausyksiköstä, joka ohjaa lämmityselementtiä ja pyörivää ohjausventtiiliä (kuva22). Ilmastointijärjestelmästä tuleva ilma lämmittyyään lämmityselementissä 80 F:iin virtaa 0,6 mikronin suodattimen läpi paineensäätimelle. Paineensäädin säättää paineen 30-37 psi. Pyörivä ohjausventtiili avaa tiehyeen virtaukselle toiselle kahdesta molekyyliseulasta ja sulkee seulan typen purkausventtiiliin. Samalla hetkellä toisen seulan sisään meno sulkeutuu ja typen purkausventtiili avautuu.

Sisään menevä ilma pyörivältä ohjausventtiililtä virtaa molekyyliseulalle. Virtaus läpäisee seulan, jossa suodattavana aineena on Zeoliitti. Tämä absorboi typen ja sallii happirikkaan ilman virrata seulan läpi vastaventtiilille. Vastaventtiililtä happirikas ilma johdetaan kahteen suuntaan. Toinen virtaus johdetaan happivaraajalle ja sieltä hengityslinjaan. Toista linjaa happirikasta ilmaa johdetaan kuristimen kautta huuhtelavalle molekyyliseulalle, jonka sisäänvalo on suljettu. Happirikas ilma huuhtelee

seulan seuraavaa käyttöä varten puhaltamalla zeoliittiin sitoutuneen typen ulkoilmaan.

Pyörivä ohjausventtiili pyöriessään sulkee aiemmin käytetyn seulan sisään menon huuhtelua varten ja avaa ilman sisään menon huuhdellulle seulalle. Ohjausventtiili pyörii 12 kierrosta minuutissa eli kumpikin molekyyliseula suodattaa ilman ja huuhdellaan 6 kertaa minuutissa. Lämmityselementissä on kaksi lämmitysvastusta, joita ohjataan termistoreilla. Lämmityselementissä on bimetallianturi, joka katkaisee sähkönsyötön lämmityselementille, jos lämpötila nousee yli 300 F. Ylilämpöanturin toimiessa hapenkehittimen kyljessä oleva mekaaninen ilmaisin muuttuu mustavalkoiseksi. Lämpötilan laskiessa lämmitin palaa normaalitoimintaan, mutta ilmaisin on "resetoitava" käsin.

OBOGS Concentrator



Kuva 22 Hapenkehitin (oxygen concentrator) /9/

3.11 Tutkan nestejäähdytysjärjestelmä /2/

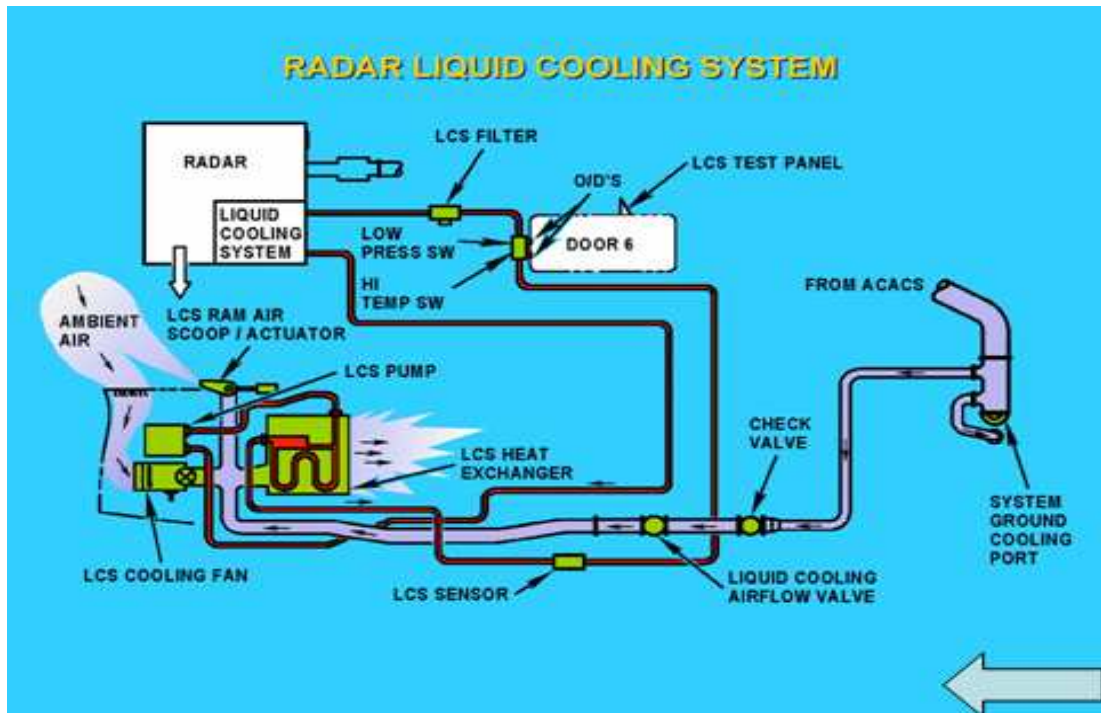
Tutkan lähetintä jäähdytetään suljetulla nestejäähdytysjärjestelmällä ja jäähdytysneste jäähdytetään lämmönsiirtimessä ilman avulla. Jäähdyttävä ilma otetaan joko patoilmaasta, ympäristöjärjestelmästä tai jäähdytysilmapuhaltimen kautta.

Jäähdytysnestejärjestelmässä on pumppuyksikkö (radar liquid cooling centrifugal pump unit), jossa on pumppu ja säiliö samassa yksikössä. Pumppu saa nesteen joko säiliöstä tai tutkan lähettimeltä ja paineistaa järjestelmän 135 psi:n paineeseen. Säiliössä on mekaaninen vuodatusventtiili, josta nestejärjestelmä voidaan ilmata.

Jäähdytysnesteen jäähdyttäminen tapahtuu tutkan jäähdytysnesteen lämmönsiirtimessä (radar liquid cooling liquid to air heat exchanger). Lämmönsiirtimessä on termostaattiventtiili (thermostatic temperature control valve), joka säätelee lämmönsiirtimen läpi kulkevaa ilmamäärää ja pitää ulosvirtaavan nesteen lämpötilan min 21⁰C ja max 57⁰C.

Ilmassa tutkan jäähdytysnestettä jäähdyttää normaalisti patoilmaluukun (ram air-coop) kautta otettava patoilma. Jos patoilma on liian kuumaa, niin jäähdytysilma otetaan ilmastointijärjestelmän ilmavirtausventtiilin (radar liquid cooling airflow valve) kautta. Ilmavirtausventtiilille ilma tulee avioniikan jäähdytysjärjestelmän kautta, eli ilma on samaa mikä on jäähdyttänyt avioniikkatilaa.

Jäähdytysnesteen lämpötilaa haistelee tutkan jäähdytysnesteen lämpötila-anturi (radar liquid coolant temperature sensor) ja antaa lämpötilasignaalia ilmastointijärjestelmän keskusyksikölle. Signaalin perusteella keskusyksikkö valitsee jäähdytystavan. Patoilman liian korkean lämpötilan syynä voi olla matalalla lennettävä suuri nopeus tai ulkoilman lämpötila.



Kuva 23 Tutkan nestejäähdytysjärjestelmä /9/

3.12 Tutkan aaltoputken paineistusjärjestelmä /2/

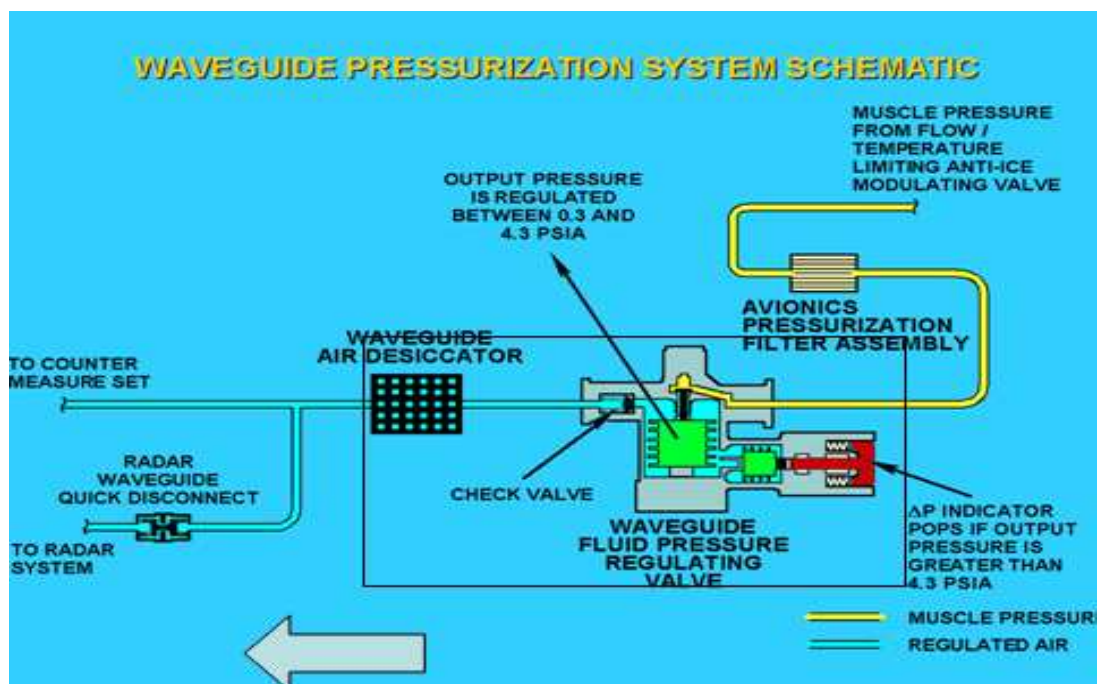
Tutkan- ja elektronisten häirintälaitteiden aaltoputket paineistetaan toiminnan varmistamiseksi. Paineistusilma otetaan tuulilasin jään- ja sadevedenpoistojärjestelmästä saatavalla ilmalla. Ennen kuin ilma johdetaan aaltoputkiin se suodatetaan, säädetään oikeaan paineeseen ja kuivataan.

Aaltoputken ilmansuodatin (avionics pressurization filter assembly) suodattaa kaikki 25 mikronia suuremmat hiukkaset. Suodattimessa on myös ohitusventtiili, joka avautuu suodattimen tukkeutuessa, jolloin ilma pääsee suodattimen ohi järjestelmään.

Aaltoputken paineensäätöventtiili (waveguide fluid pressure regulating valve) säättää tutkan aaltoputken ja elektronisten häirintälaitteiden aaltoputkien paineistuspaineen 0.3 - 4.3 psi:hin. Venttiilissä on ensiö- ja toisioaneroidi, jotka säätelevät paineen. Ensiöaneroidi säättää varsinaisen paineen ja toisioaneroidi toimii ylipaineventtiilinä päästäten ylipaineen pois järjestelmästä. Samalla toisioaneroidi työntää punaisen il-

maisimen venttiilin rungosta ulos, jolloin ylipainetapaus näkyy konetta tarkastavalle henkilöstölle.

Aaltoputken paineensäätöventtiilin jälkeen on aaltoputken ilmankuivaaja (waveguide air desiccator). Ilmankuivaaja sisältää sinistä kuivausainetta sekä piioksidia joiden avulla se imee itseensä ilmassa olevan kosteuden. Kun kuivausaine ja piioksidi kylästyvät kosteudesta vaihtuu kuivaajan sivulla olevassa pikku tarkastusikkunassa rakettien väri sinisestä vaaleanpunaiseksi.

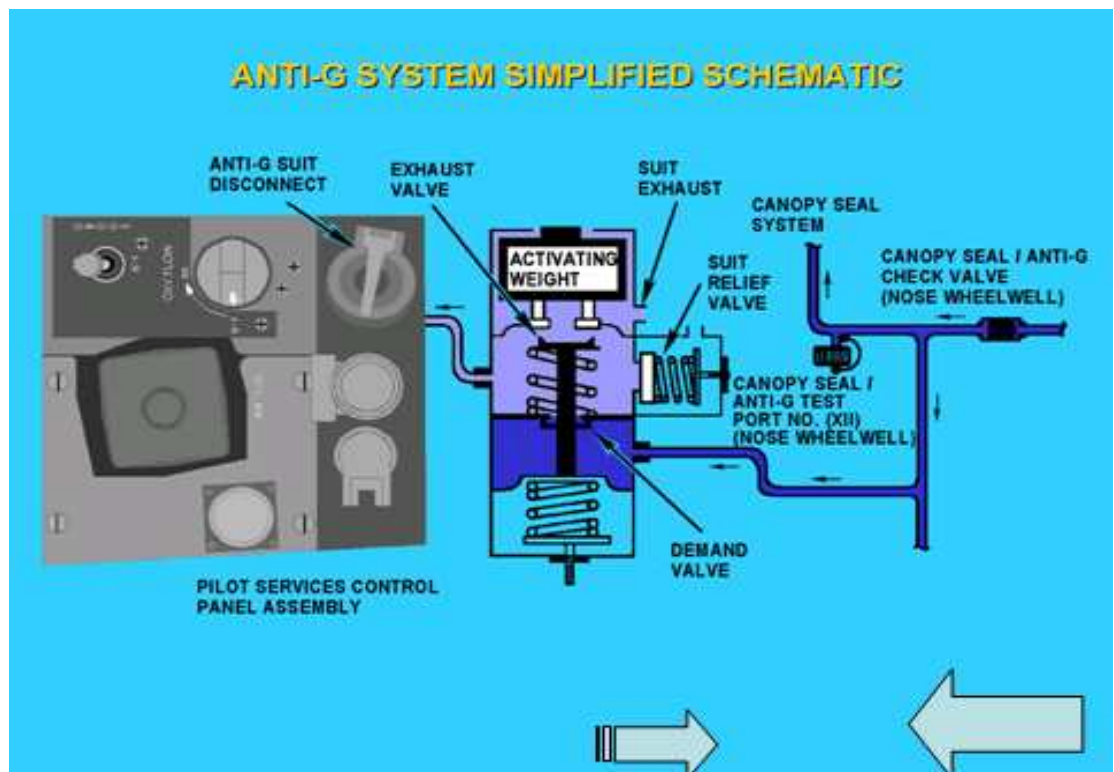


Kuva 24 Tutkan aaltoputken paineistus /9/

3.13 G-järjestelmä /2/

Koneen ohjaajan tehdessä äkkinäisiä ohjausliikkeitä suurella nopeudella niin se vaikuttaa ihmiskehossa siten, että veri pyrkii päästä varpaisiin aiheuttaen tajuttomuutta. Tämän vuoksi hävittäjäkoneisiin on kehitetty g-järjestelmä (Anti-G system). Horne-tissa g-järjestelmä säättää automaattisesti vallitsevan g-kuormituksen mukaan painetta ohjaajan g-pukuun. G-puvun toiminta perustuu siihen, että se puristaa ohjaajan alaraajoja siten, että ylimääräinen veri ei pääse päästä varpaisiin.

Paineistusaine otetaan g-järjestelmään ensiölämmönsiirtimen jälkeen lähtevästä polttoainejärjestelmän paineistusputkesta. Paineistusilma kulkeutuu g-venttiilille, joka säättää paineen g-pukuun. G-venttiilissä on massapaino, joka g-voiman kasvaessa painuu alaspäin avaten samalla paineilmalle reitin g-pukuun. Kun paine g-puvussa kohoaa tarpeeksi, paine nostaa massapainon sulkien paineen pääsyn g-puvulle. G-venttiilissä on kokeilunappi, jolla kokeillaan järjestelmän toiminta aina ennen lentoa.



Kuva 25 G-järjestelmä /9/

4 HORNETIN YMPÄRISTÖJÄRJESTELMÄN ERIKOISKURSSI /10/

Erikoiskurssille osallistuvan oppilaan koulutustasovaatimuksena on HN-tyyppikurssi tai vastaavat tiedot. Kurssin tavoitteena on lisätä ECS-järjestelmän toiminnan ymmärtämistä siten, että järjestelmän toimilaitteiden viat ja häiriöt osattaisiin paikantaa mahdollisimman tarkasti. Tällöin viat saadaan korjattua nopeammin ja taloudellisesti, eikä vaihdeta turhaan ehjiä laitteita.

Tavoitteena on myös perehtyä ECS-järjestelmän testauksiin ja samalla ymmärtää yksittäisen laitteen vikaantumisen merkitys koko järjestelmän kannalta. Opetuksessa käytetään HN-kirjallisuutta, LTJ tilastoja ja valmistajan dokumentteja.

Kurssin kesto on kolme viikkoa ja opetusvastuu on Ilmavoimien teknillisellä koululla. Kurssille valitaan kurssinjohtaja, jonka vastuulla on kurssin toteutus opetussuunnitelman mukaan. Myös oppilas valinnat, materiaalin hankinta ja muut juoksevat asiat kuuluvat kurssinjohtajan tehtäviin.

4.1 Kurssin sisältö

Kurssin ensimmäinen viikko on ECS-järjestelmän toiminnan kertausta. Kertaus toteutetaan etäopiskeluna koulutusportaalien avulla. Tavoitteena on palauttaa tyyppikurssilla jo opitut asiat mieleen, jotta kurssin jatko-opiskelu helpottuisi. Tämä tarkoittaa sitä, että kertauksen jälkeen tunnetaan alajärjestelmien normaali toiminta, toimintamoodit ja keskeiset laitteet.

Toinen viikko toteutetaan lähiopetuksena Ilmavoimien teknillisellä koululla. Koulutus on teoriaopetusta ja sen tarkoituksena on perehtyä alajärjestelmien laitteiden toimintaan eri tilanteissa. Myös laitteiden vaikutuksia vikatapauksiin analysoidaan ja pyritään tekemään loogisia johtopäätöksiä oikean korjaustoimenpiteen aikaansaamiseksi. Perehdytään vielä järjestelmän rakenteellisiin ongelmiin (putkitukset, kiinnitykset, johdotukset) ja niiden huoltoon ja korjaukseen.

Kurssin kolmas viikko on koneella tapahtuvaa toimintaa. Tutustutaan koneessa oleviin järjestelmän laitteisiin ja mittauspisteisiin. Tämän jälkeen tehdään järjestelmän tyypillisemmät testimittaukset, joissa tutustutaan laitteiston toimintaan ja eri mittausmenetelmiin.

4.2 ECS-järjestelmän testaukset

Kolmannen viikon ohjelma sisälsi ECS-järjestelmän testimittauksia. Kurssin ohjelmaan mittausmenetelmiksi on valittu neljä erilaista ohjeen mukaan suoritettavaa järjestelmän testausta. Järjestelmän testaukset ovat: ECS-järjestelmän testikäyttö, hapenkehitin eli OBOGS-testi, ohjaamon paineistustesti ja painemittaukset järjestelmästä

ECS-järjestelmän testikäyttö /3/

ECS-järjestelmän testikäytössä järjestelmää testataan ECS-moodilla, joka tarkoittaa koneen Auxiliary power unitin (APU) käyttöä ilman saamiseksi ECS-järjestelmään. Se toteutetaan laittamalla APU käyntiin ja nostamalla ohjaamon ECS-paneelin BLEED AIR-kytkimen AUG PULL-nuppi ylös. Näin saadaan vuodatusjärjestelmässä oleva ISOLATION-venttiili avautumaan, jolloin APU:n tuottama ilma saadaan ECS-järjestelmään.

Testikäytössä tarvitaan myös ympäristöjärjestelmän testilaitetta (ACS pressure indicator test set) ja laskutelineiden läheisyyskytkimien ohituslaitetta (proximity switch control set). Testilaitteella voidaan mitata järjestelmän paineita eri mittauspisteiltä, joita ECS-järjestelmässä on 10 kappaletta. Laskutelineiden läheisyyskytkimien ohituslaitella voidaan ”huijata” kone ilmaan, koska järjestelmä toimii normaalisti vasta koneen ollessa ilmassa.

Ensimmäiseksi testikäytössä testataan ensiö- ja toisiolämmönvaihtimien patoilma-kanavassa sijaitsevien kiihdyttimien toiminta. Kiihdyttimien tarkoituksena on lisätä maassa patoilman virtausta ja näin tehostaa lämmönvaihtimien toimintaa.

Seuraavaksi testissä testataan ohjausyksikön toimintaa. ECS-paneelin käyttökytkimiä käytettäessä ohjeen mukaan ohjausyksikkö ohjailee järjestelmän venttiileitä. Jokaisen kytkimen kääntämisen jälkeen tarkastetaan venttiilien läpän asennot ja verrataan niitä testiohjeessa olevan taulukon arvoihin. Näin saadaan varmistettua se, että ohjausyksikkö säätää säätöpaineet venttiileille oikein ja venttiili ei ole jumissa.

OBOGS – testi /3/

Testin aluksi tehdään järjestelmän vuototesti. Testissä käytetään vuodon testausyksikköä (Leak test unit) ja paineilmaa. Järjestelmä paineistetaan 80 psi:n paineeseen ja varmistetaan, että paine ei laske ohjeessa annettua arvoa alemmaksi.

Vuototestin jälkeen tehdään järjestelmän varsinainen testi, jossa käytetään hapenkehitysjärjestelmän testilaitetta (Aircraft oxygen system test set). Testillä varmistetaan, että hapenkehittimen tuottama happipitoisuus ja -virtaus ovat vaadituissa rajoissa. Varoitussyksikön toiminnan testauksella varmistetaan varoitusten toimiminen ajallaan.

Ohjaamon paineistustesti /3/

Ohjaamon painetestissä käytetään ohjaamon paineistus testilaitetta (Portable pressurized cabin leakage tester). Testin aikana ohjaamo paineistetaan paineilmalla ja testilaitteella varmistetaan järjestelmän laitteiden oikea toiminta. Paineestin aikana testataan paineensäätö-, ylipaine-, kuomun tiivisteiden säätö- ja dumpausventtiili.

Painemittaukset järjestelmästä

Ympäristöjärjestelmässä on kymmenen eri testiporttia, joita voidaan käyttää hyväksi vianhaussa. Järjestelmän kaaviota hyväksi käyttäen tehdään vianhaku ja mitaillaan testiporteista paineita vikaantuneen laitteen löytämiseksi.

5 YLEISIMMÄT VIAT JA NIIDEN HUOMIOONOTTAMINEN KOULUTUKSESSA

5.1 Lentotekniikan logistiikan tietojärjestelmä (LTJ) /5/

Lentoteknillisen logistiikan tietojärjestelmällä hallinnoidaan ilmavoimien nykyisen lentokaluston kaikki vikailmoitukset. Vikailmoituksen laatii tietojärjestelmään mekaanikko tai koneen ohjaaja havaittuaan koneen järjestelmässä poikkeaman. Tämä mahdollistaa koneen reaaliaikaisen tilanteen ja sitä pääsevät käyttämään kaikki tietoa tarvitsevat.

Jokaisesta havaitusta poikkeamasta laaditaan vikailmoitus ja se syötetään järjestelmään. Jokainen vikailmoitus numeroidaan, jolloin ne saadaan kytkettyä toisiinsa ja tiedetään missä ilmoitus on tehty.

Mikäli tietoja tarvitaan myöhemmin on hakutoimintoa helpotettu ryhmittelemällä vikailmoitukset eri osa-alueisiin. Vikailmoitus voi kohdistua useaan eri osa-alueeseen:

- lentokonelaitteeseen
- yksilötasoiseen lentokoneeseen
- yksilötasoiseen laitteeseen
- lentotekniseen tuotteeseen
- lentovarusteeseen
- lentotekniseen maalaitteeseen
- lentotekniseen mittauslaitteeseen
- viestitekniiseen laitteeseen
- muuhun tuotteeseen
- lentokoneohjelmistoon
- lentotekniseen toimintaan

Vikailmoituksiin liittyy lausuntomenettely, jolla varmistetaan koneen käyttökelpoisuus. Ilmoituksessa pitää vian vakavuus määritellä, joka vaikuttaa lausuntojen lukumäärään ja millä organisaatiotasolla se käsitellään. Vähäiseksi luokiteltu vika vaatii yhden lausunnon ja erittäin vakava kolme lausuntoa.

LTJ sisältää hakutoimintoja, joilla voidaan hakea eri vikailmoituksia. Hakukriteerinä voi olla lentokoneen runkotyyppi, järjestelmä, laiteyksilön numero, vikailmoituksen päiväys tai numero. Hakutoiminnolla saadaan selville mitä korjaustoimenpiteitä vikailmoitukseen aiheuttaneelle vialle on tehty.

5.2 Vikailmoitusten analysointi

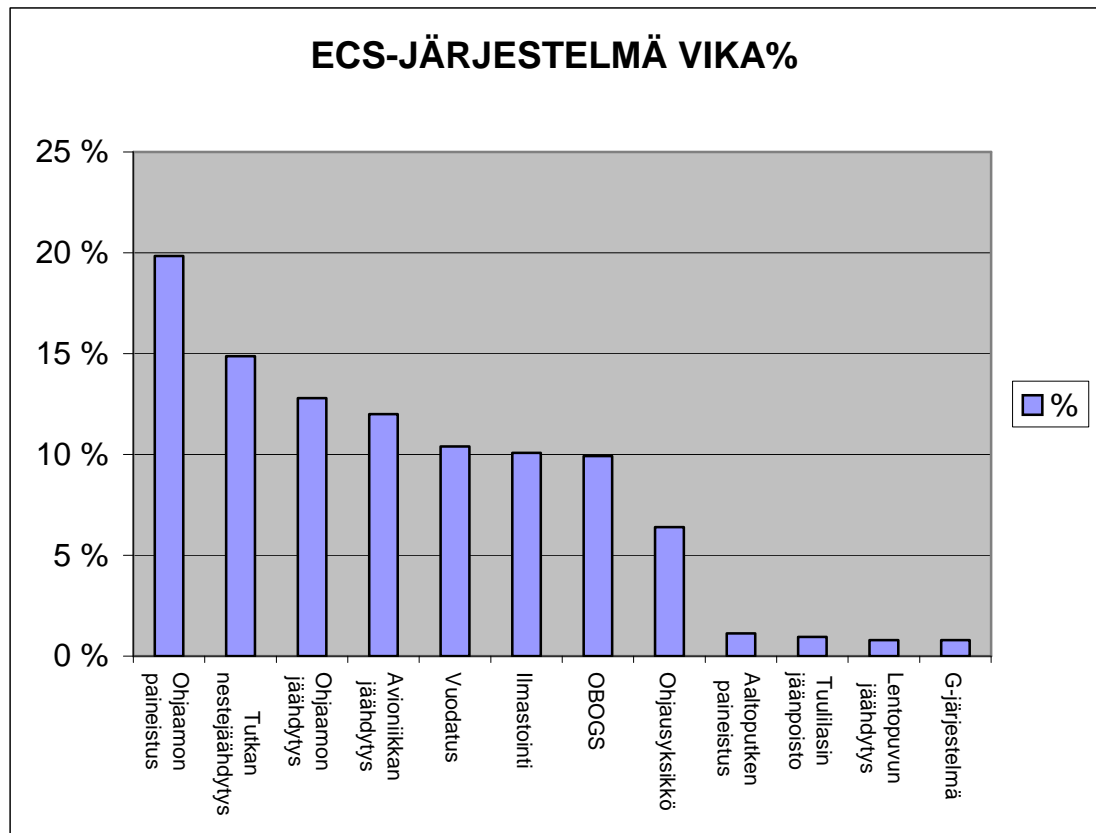
Lentoteknillisen logistiikan tietojärjestelmästä (LTJ) voidaan poimia vikailmoituksia, jotka liittyvät F-18 Hornet hävittäjän ympäristöjärjestelmässä havaittuihin vikoihin ja poikkeamiin järjestelmän toimilaitteissa. Tarkoituksena on tarkastella eri alajärjestelmissä yleisimmin esiintyneitä vikoja ja miten ne on otettu huomioon erikoiskurssin koulutuksessa.

Hornetin ympäristöjärjestelmästä löytyi 46 toimilaitetta, jotka olivat liitetty järjestelmän rakennepuuhun. Analysoinnin aluksi haettiin kaikkien toimilaitteiden vikailmoitukset ja saatiin eri järjestelmien vikojen lukumäärät. Tämän jälkeen saatiin selville miten ne ovat jakautuneet eri järjestelmien osalta.

Tämän jälkeen analysoitiin järjestelmän sisällä olevien yksittäisten toimilaitteiden vikailmoituksia. Tarkastelun kohteena oli vikailmoituksen tiedot vikaindikaatiosta, havaintoajankohdasta ja korjaustoimenpiteestä. Näitä tietoja verrattiin ympäristöjärjestelmän erikoiskurssin opetussuunnitelman mukaiseen opetukseen ja analysoitiin kuinka hyvin yleisimmät viat tulevat esille kurssin aikana.

Tietojärjestelmästä löytyi 625 ympäristöjärjestelmän vikailmoitusta analysoitavaksi (taulukko 2). Suurin osa vioista kohdistui seitsemään järjestelmään, joihin tämä analysointi pohjautuu. Loput järjestelmät jätettiin pois sen vuoksi, ettei työ paisuisi liian laajaksi.

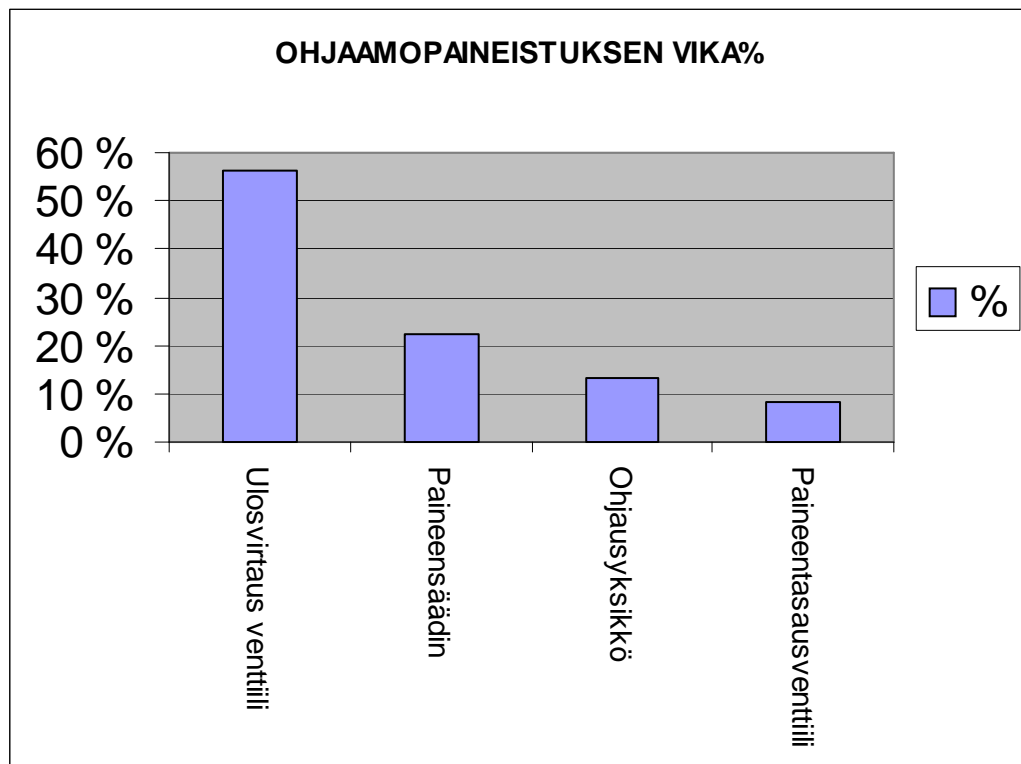
Taulukko 2 ECS-järjestelmä viat



5.3 Ohjaamon paineistus

Vikailmoitusten perusteella suurimmaksi vikojen aiheuttajaksi Hornetin ympäristöjärjestelmässä osoittautui ohjaamon paineistusjärjestelmä. LTJ:n rakennepuusta löytyi 4 toimilaitetta, joihin vikailmoitukset olivat kohdentuneet (taulukko 3). Vika havainnot tulivat pääsääntöisesti lennolla varoitusjärjestelmän toimiessa tai ohjaamopaineistus vaihteli suuresti, jolloin ohjaaja tunsu korvissaan järjestelmän viallisuuden. Joitakin vikoja havaittiin huollon aikaisessa testauksessa.

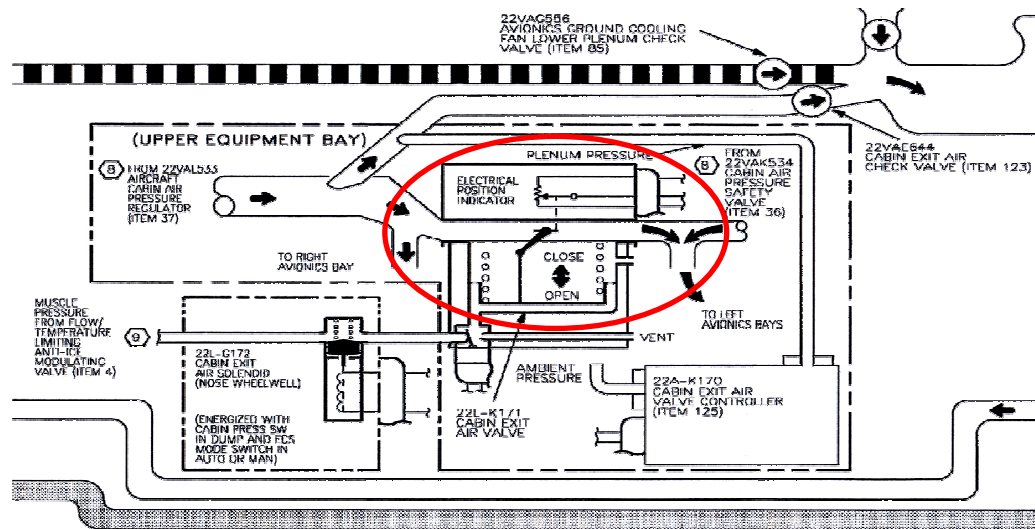
Taulukko 3 Ohjaamopaineistus viat



Ulosvirtausventtiili

Ohjaamon paineistusjärjestelmän laitteista selvästi eniten vikoja aiheutti ulosvirtausventtiili. Suurin osa ulosvirtausventtiilien vioista havaittiin lennolla, jolloin tuli AV AIR DEGRADED varoitus ja koodi 846, joka ilmaisee ohjaamon ulospuhallusventtiili vikaa. Muutama vikahavainto oli ohjaamon paineistuksen pumppaamisesta.

Vian ilmaantuessa oli pääsääntöisesti tehty ohjaamon paineistusjärjestelmän testi, jolloin vika oli kohdistunut ulosvirtausventtiiliin. Noin 80% ulosvirtausventtiilien vioista kohdistui venttiilin säätövastukseen (kuva 26). Säätövastuksessa oleva palautusjousi oli useassa tapauksessa katkennut, jolloin ulosvirtausventtiili ei toiminut normaalisti. Palautusjousi vaihdetaan yleensä laitekorjaamolla.



Kuva 26 Ulosvirtausventtiili /4/

Ohjaamon paineensäätöventtiili

Ohjaamon paineensäätöventtiili vikoja oli jonkin verran ja ne havaittiin sekä lennon että testauksen aikana. Vikahavainto oli yleensä ohjaamopaineistuksen pumpptaaminen. Paineistuksen ohjausyksikkö vikoja tarkasteltaessa melkein kaikki havaittiin AV AIR DEGRADED varoituksesta ja koodista 845. Paineentasausventtiili viat havaittiin suurimmalta osalta testausten aikana.

Ohjausyksikkö

Ulosvirtausventtiilin ohjausyksikkö on ollut selvästi ongelma. Vikoja ei esiinny kovin paljon, mutta turhia laitevaihtoja on ollut paljon. Ohjausyksikkö oli vaihdettu testauksien jälkeen, mutta vikailmoituksista ei selvinnyt miksi vika oli kohdistunut juuri ohjausyksikköön. Laitteen korjausselostuksista selviää, että 80% laitekorjaamolle tulleista ohjausyksiköistä oli kunnossa.

Paineentasausventtiili

Paineentasausventtiili vikoja löytyi 10 kpl. Pääosin paineentasausventtiili vika havainnot oli saatu normaaleissa huolloissa tehtyjen testauksien aikana. Yleisin venttiilin vika oli sen aukeaminen liian pienellä paineella. Muutama havainto oli tehty lennolla, jolloin ohjaamo paineistus oli vaihdellut suuresti. Järjestelmän testaus oli paikallistanut vian paineentasausventtiiliin.

Yhteenveto

Ohjaamon paineistusjärjestelmän vikailmoituksista kävi ilmi, että ohjaamon paineistusjärjestelmän testi oli se toimenpide, jolla vika saatiin melko hyvin kohdennettua toimilaitteeseen. Ainoastaan ohjausyksikön vianmäärittelyssä on ollut ongelmia. Tulville kursseille tulisi käydä asiaa läpi niin, että turhat laitevaihdot vähenisivät. Ohjausyksikköön liittyvistä vikailmoituksista ei pystynyt pääättelemään, missä todellinen vika oli.

Erikoiskurssin viimeisellä viikolla koulutettavana asiana on ohjaamon paineistusjärjestelmän testi. Jos testin aikana paneudutaan hyvin ohjausyksikön aiheuttamiin ongelmiin, niin kurssi antaa hyvät tiedot järjestelmän vikakorjauksiin.

5.4 Tutkan nestejäähdytysjärjestelmä

LTJ:n rakennepuusta löytyi 4 kpl tutkan nestejäähdytysjärjestelmän toimilaitteita, joista ilmoitukset olivat tehty.

Patopaineluukun toimilaite

Tutkan nestejäähdytysjärjestelmän suurimmaksi vian aiheuttajaksi osoittautui patopaineluukun toimilaite. Yleisin toimilaitteisiin kohdistunut vikaindikaatio saatiin vikakoodin 843 ilmaantumisesta järjestelmän toiminnan ollessa normaalia. Näissä ta-

pauksissa patoilmaluukun toiminta oli laitettu seurantaan, jolloin muutaman lennon jälkeen toimilaite oli jumiutunut ja jouduttu vaihtamaan.

Jonkin verran oli vikaindikaatioita havaittu tarkastusten aikana, jolloin patopaineluukku oli jäänyt auki ilman vikakoodin ilmaantumista tai toimilaite oli pitänyt epänormaalia ääntä. Toimilaitteen rajakytkin vian ilmaisi toimilaitteen pyöriminen, vaikka patopaineluukku oli jo kiinni.

Tutkan maajäähdytyspuhallin

Tutkan maajäähdytyspuhallin aiheutti myös jonkin verran vikoja. Koska puhallinta ei normaalisti tarkasteta käyttöhuollossa, niin yleisin vikaindikaatio oli lämpölaukaisijan laukeaminen. Vikaindikaation jälkeen puhallin oli testattu testikytkimellä, jolloin vika oli havaittu äänestä tai se ei pyörinyt ollenkaan.

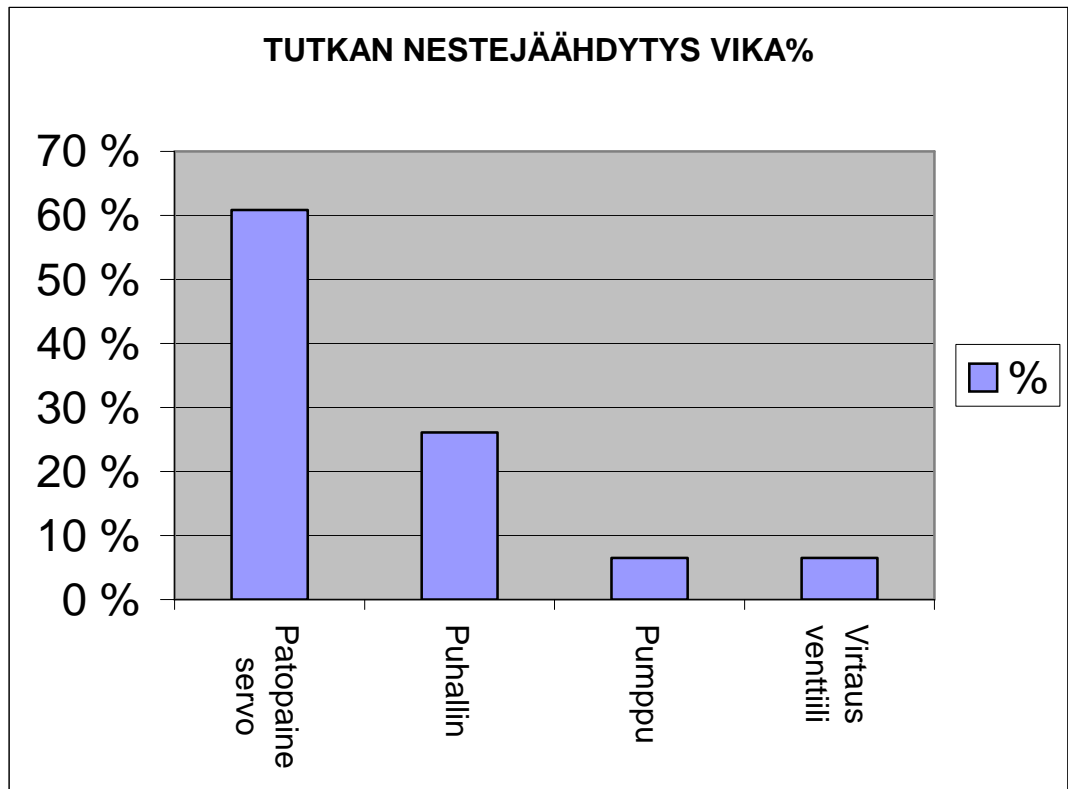
Jäähdytysnestepumppu

Järjestelmässä olevasta jäähdytysnestepumpusta oli tehty 6 kpl vikailmoituksia. Kaikissa ilmoituksissa vikaindikaationa oli ollut nestevuoto pumpulta, jolloin pumppu oli vaihdettu uuteen.

Virtausventtiili

Virtausventtiiliin kohdistuneita vikailmoituksia oli 6 kpl. Venttiilin vikaan kohdistuva koodi 826 on esiintynyt yläääni lennon jälkeen ja se on todettu asiantuntijoitten avulla järjestelmän ominaisuudeksi.

Taulukko 4 Tutkan nestejäähdytys järjestelmän viat



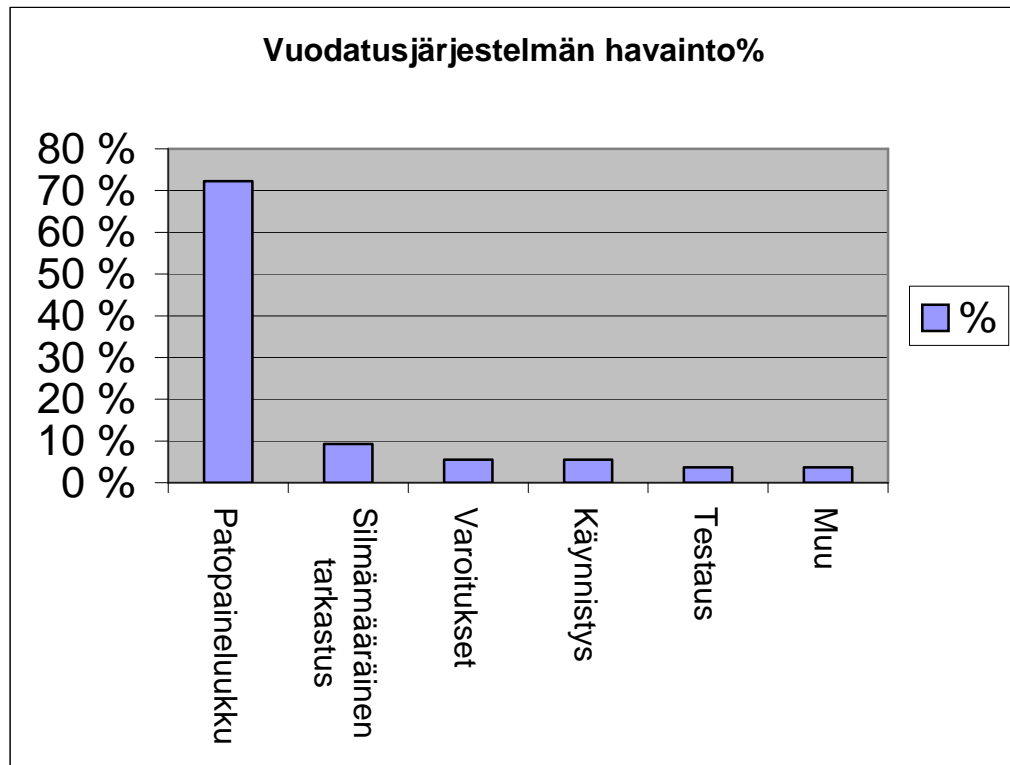
Yhteenveto

Järjestelmän viat ovat sellaisia, jotka näkyvät silmämääräisesti ja niiden korjaustoimenpiteet suoritetaan laitevaihdolla. Jos erikoiskurssin teoriaoppitunnilla painotetaan yleisimpiä vikoja ja niiden korjaustoimenpiteitä niin kurssi antaa hyvät edellytykset järjestelmän vikakorjauksiin.

5.5 Vuodatusjärjestelmä

Vuodatusjärjestelmän vikailmoituksista yli 90% kohdistui ensiöpaineensäätimen toimintahäiriöihin. Suurin osa säätimen vikahavainnoista oli saatu patopaineluukun epänormaalista toiminnasta (taulukko 5).

Taulukko 5 Vuodatusjärjestelmän vika havainto hetket



Ensiöpaineensäädin

Vuodatusjärjestelmässä eniten vikoja aiheuttaa ensiöpaineensäädin. Säätimen tehtävänä on säätää moottorilta vuodatetun kuuman ilmanpaineen sopivaksi järjestelmään ja tarvittaessa sillä voidaan sulkea vuodatus kokonaan. Yleisin säätimen vikaindikaatio havaitaan maassa ennen lentoa lähtöä. Säädin säätää järjestelmässä käytettävän paineen ja jos paine on liian pieni, niin koneen rungon ulkopuolella vika havaitaan parhaiten ohjaamon patoilma luukun toiminnasta.

Normaalisti järjestelmä ohjaa säätöpaineella (mucle pressure) patoilmaluukun ohjausventtiiliä ja patoilmaluukku sulkeutuu. Kun säädin vikaantuu paine järjestelmässä pienenee ja silloin säätöpaine ei voita ohjausventtiilin painepuolella jousen vastavoimaa (kuva 15 s.27). Tilanne aiheuttaa sen, että patoilmaluukku jää täysin tai osittain auki.

Koska järjestelmään otetaan painetta molemmista moottoreista, niin säätimiä on kaksi. Vika tapauksessa pitää määritellä kumman moottorin säädin on vikaantunut. Parhaiten se onnistuu silloin, kun moottorit ovat käynnissä ja ohjaamon bleed air-kytkimellä suljetaan vuoronperään toisen moottorin vuodatus. Vikaantunut venttiili on se kumpi vuodatus on auki silloin kun patoilmaluukku on auki.

Yhteenveto

Erikoiskurssin opetussuunnitelman mukaisissa järjestelmä testauksissa ei ensiöpaineensäätimen testausta tehdä. Säätimiä ei voida testata ECS-moodilla vaan moottorit on käynnistettävä. Kurssin oppilaat ovat olleet paljon koneen käyttöhuollossa mukana, joten patopaineluukun toiminta on tuttua. Kurssin opetuksessa säätimen toiminnan läpikäyminen teoriassa riittää opetustavoitteeseen.

5.6 Ilmastointijärjestelmä

Ilmastointijärjestelmästä vikailmoituksia löytyi 63 kappaletta (taulukko 6), joka on samaa luokkaa vuodatusjärjestelmän kanssa. Suurimmat vikojen aiheuttajat ilmastointijärjestelmässä ovat jäähdytysturbiini ja ensiölämmönvaihdin. Jonkin verran vikoja ilmenee myös lämmönsiirtimissä, toisiolämmönvaihtimessa ja ilmastointijärjestelmän pääventtiilissä.

Jäähdytysturbiini

Jäähdytysturbiinin vioista suurin osa on havaittu silmämääräisessä tarkastuksessa. Useimmiten havainto on ollut ruostuminen tai hankautuminen. Kaksi vikaa oli todettu järjestelmähäiriön yhteydessä, jolloin jäähdytysturbiini oli irrotettu huoltoon. Molemmissa tapauksissa vian syy oli korroosio.

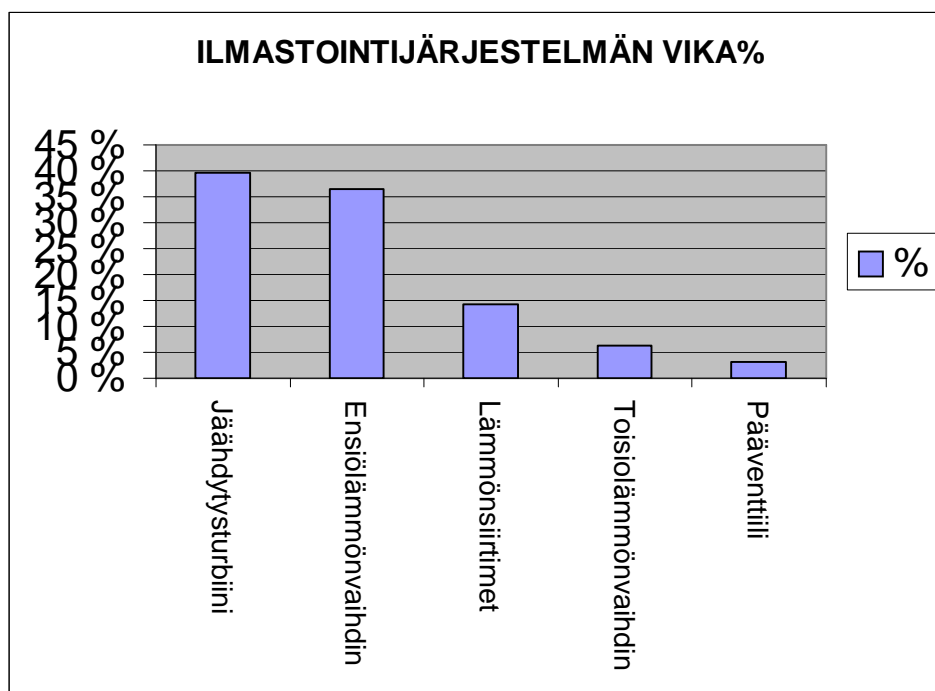
Ensiölämmönvaihdin

Ensiölämmönvaihtimen osalta kaikki viat olivat silmämääräisessä tarkastuksessa havaittuja. Repeämät, murtumat ja hankautumisjäljet yleisimpiä, mutta myös lämmön aiheuttamaa sinertymistä oli havaintona muutamissa vikailmoituksissa. Myös molemmat toisiolämmönvaihtimen vikailmoitukset olivat silmämääräisten tarkastusten jälkeen tehtyjä ja syy on ollut murtuminen.

Ilmastoinnin pääventtiili

Kahdesta ilmastoinnin pääventtiilin vikailmoituksista toinen oli tehty hankaus jäljestä ja toinen vika oli havaittu koekäytössä. Koekäytön aikana ohjaamon ilmanvirtauksessa oli vaihtelua ja testauksella vika kohdistui pääventtiiliin.

Taulukko 6 Ilmastointijärjestelmän viat



Yhteenveto

Ilmastointijärjestelmän viat löytyivät useimmiten silmämääräisesti. Pääventtiilin vika voidaan todeta järjestelmän testikäyttöä tehdessä vertaamalla venttiilissä olevan me-

kaanisen ilmaisimen näyttämää ohjeen antamaan arvoon tai mittaamalla painearvot pääventtiilin molemmin puolin. Jäähdytysturbiinin jumiutuminen saadaan selville pyörittämällä sitä turbiinin puoleisesta päästä.

Erikoiskurssilla tehdään järjestelmän testikäyttö, jossa voidaan seurata pääventtiilin toimintaa ja voidaan myös testata jäähdytysturbiinin pyöriminen. Tämä osoittaa sen, että kurssin opetus antaa hyvät tiedot järjestelmän vianhakuun.

5.7 Ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmä

Ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmän viosta (taulukko 7) suurin osa oli järjestelmään kuuluvien jäähdytyspuhaltimien vikoja. Jäähdytyspuhaltimet ovat sähkömoottoritoimisia. C-mallissa kaksi puhaltimista sijaitsee ohjaamon mittaritaulun takana ja yksi puhallin on heittoistuimen takana takalaitetilassa. D-mallissa on neljä puhallinta, jotka sijaitsevat mittaritaulujen takana. Järjestelmän virtausventtiilien vikoja löytyi melko vähän.

Jäähdytyspuhaltimet

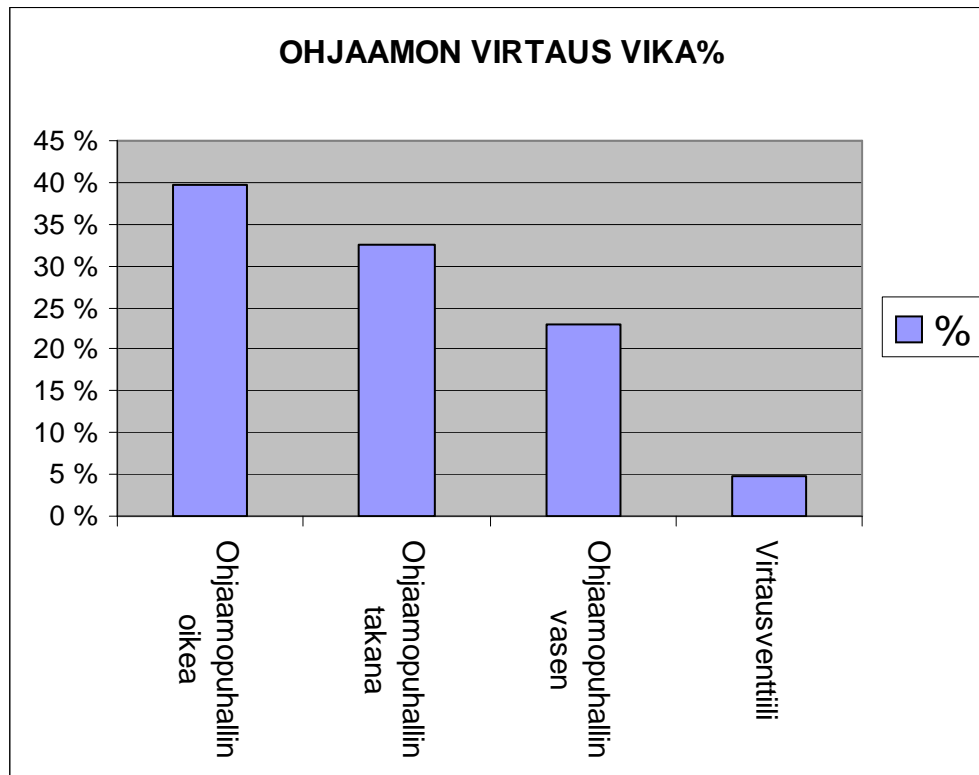
Jäähdytyspuhaltimien tehtävänä on parantaa ohjaamoilman kiertoa siten, että ohjaamossa olevat avioniikkalaitteet saavat riittävän jäähdytyksen. Mittaritaulun takana olevien puhaltimien testaus tapahtuu ohjaamossa olevalla testikytkimellä aamun ensimmäisessä tarkastuksessa. C-mallin takalaitetilassa olevalle puhaltimelle ei ole testikytkintä vaan sen vikaantuessa ilmaantuu vikakoodi. Vikailmoituksista selviää, että vikahavaintona on yleisesti ollut puhaltimen normaalista poikkeava ääni. Takalaitetilassa oleva puhallin on yleisimmin antanut vikakoodin 849

Virtausventtiilit

Virtausventtiilien tehtävänä on antaa ohjaamoon sopiva määrä säädetyn lämpötilan mukaista ilmaa. Venttiili vikoja löytyi vain muutamia ja havainnot saatiin lennolla ilman virtauksen määrän vaihteluna. Vikakorjauksessa on käytetty järjestelmän pai-

nemittauksia. Mittauspisteenä on ollut pääventtiili-, avioniikka-, ohjaamo- ja säätö-painelinjan testiportit. Tällä menetelmällä vikaantunut venttiili on saatu määriteltä.

Taulukko 7 Ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmän viat



Yhteenveto

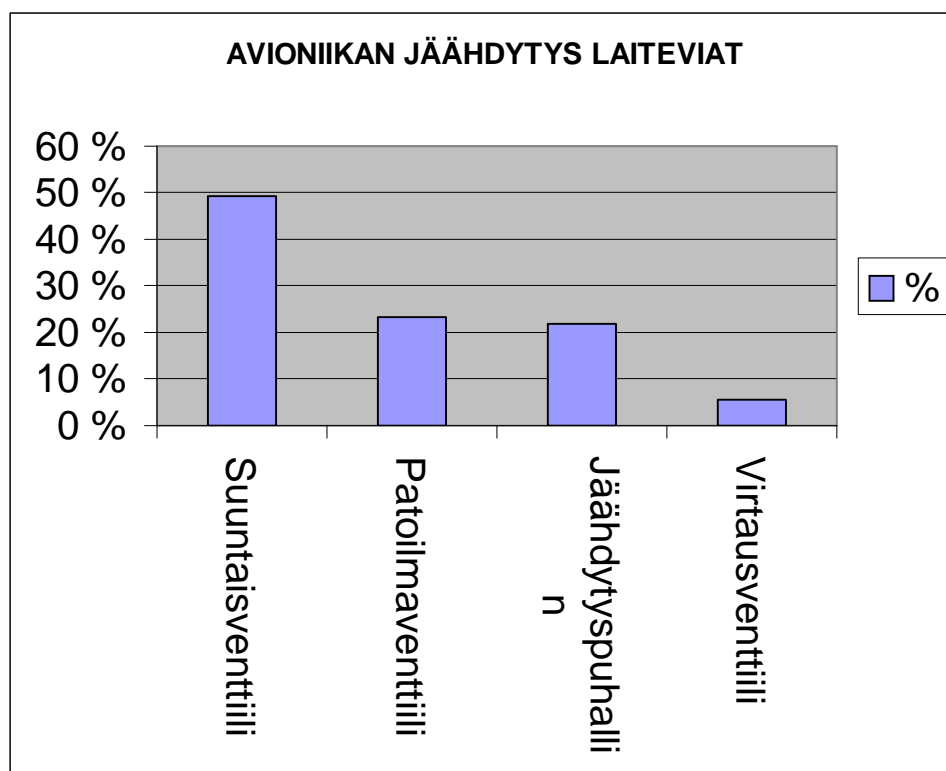
Ohjaamon jäähdytys- ja huurteenpoistojärjestelmän ongelmien liittyminen puhaltimiin helpottaa vikakorjausta, koska ne ovat helppo paikantaa ja korjata. Virtausventtiilin vianhaku on vaikeampaa, koska ohjaamon ilman ”pumppaaminen” voi johtua monesta eri tekijästä. Sen vuoksi useamman mittauspisteen käyttö helpottaa vian määrittämisessä.

Erikoiskurssilla tehtävä järjestelmän testikäyttö antaa järjestelmän vianhakuun hyvät tiedot. Testikäytön aikana on perehdyttävä hyvin siihen, miten järjestelmän muut venttiilit vaikuttavat ohjaamon virtausventtiilien toimintaan.

5.8 Avioniikan jäähdytys

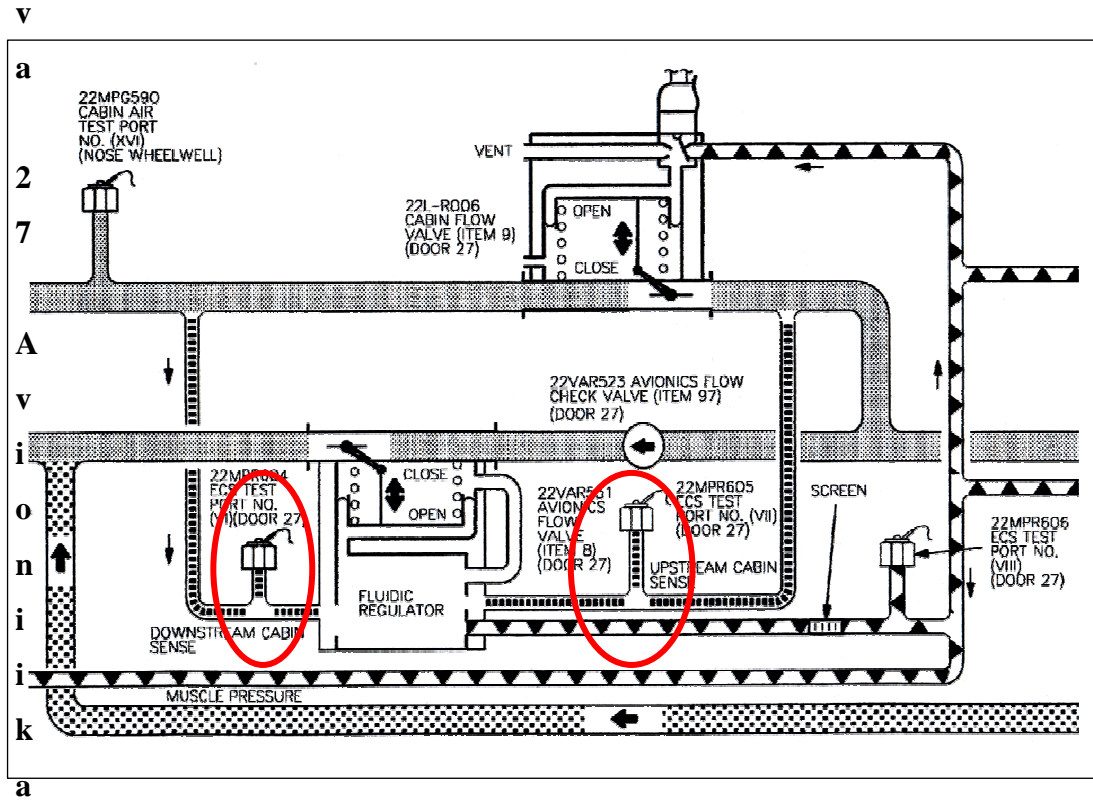
Avioniikan jäähdytysjärjestelmän rakennepuussa oli neljä eri järjestelmän laitetta, joista vika havaintoja oli tehty (taulukko 8).. Eniten vikoja aiheuttavat avioniikan jäähdytyksessä varajärjestelmänä toimivat patoilma- ja suuntaisventtiili. Tärkeimpään toimilaitteeseen eli virtausventtiiliin ei vikoja ole suuremmalti tullut.

Taulukko 8 Avioniikan jäähdytysjärjestelmän viat



Virtausventtiili

Avioniikan jäähdytysjärjestelmän vikailmoituksista oli vain 4 kpl kohdistunut virtausventtiiliin. Kahdessa tapauksessa järjestelmä oli antanut AV AIR HOT varoituk- sen lennolla, jonka jälkeen virtausventtiiliä oli testattu ohjeen mukaan. Painemittauk- sessa testiporttien VI ja VII (kuva 27) välinen paine-ero tulee olla 0,85-1,4 bar ja jos se poikkeaa tästä, niin vika kohdistuu avioniikan- tai ohjaamon virtausventtiiliin.



Kuva 27 Avioniikan virtausventtiilin testiportit /4/

Suuntaisventtiili

Eniten vikoja järjestelmässä on aiheuttanut patopainelinjassa oleva suuntaisventtiili. Suuntaisventtiili on jousikuormitteinen perhosläppäventtiili ja vika indikaatiot ovat tulleet pelkästään läpän jumiutumisesta tai rikkoutumisesta. Suuntaisventtiilin tehtävänä on normaali tilanteessa estää jäähdytysilman pääsy patoilmanakanavan kautta pois ja kun paine on laskenut järjestelmässä se päästää patoilman järjestelmään.

Yli 90% vika havainnoista on tullut huoltojen ja vikakorjausten yhteydessä. Rikkoutunut perhosläppäventtiili on havaittu yleisesti koekäytössä, jolloin järjestelmän ilmaa on vuotanut patoilmanakanavan kautta ulos. Kiinni jumiutuneen perhosläppäventtiilin vika on havaittu huollon aikana, jolloin maapuhallinta käytettäessä ilma ei ole virrannut avioniikkatilaan.

patoilmaventtiili

Patoilmaventtiilin tehtävänä on avata patoilmakanava silloin, kun normaali toiminnassa on vikaa. Viat aiheutuivat venttiilin säätöläpän vuotamisesta ja jumiutumisesta. Vikahavainnot ja havaintohetket olivat samanlaisia kuin suuntaisventtiilillä.

Avioniikan jäähdytyspuhallin

Suurin syy vikoihin oli jäähdytyspuhaltimen jumiutuminen. Vika havainto oli saatu joko puhaltimen oudosta äänestä tai lämpölaukaisimen laukeamisesta.

Yhteenveto

Virtausventtiilissä olevat viat pystytään havaitsemaan järjestelmän testikäytössä tai painemittauksella testiporttien kautta. Järjestelmän testikäytössä oppilaalle on selvitettävä järjestelmän muiden venttiilien vaikutus avioniikan virtausventtiilin toimintaan. Käytettäessä painemittausta on selvitettävä mihin asiaan paine vaikuttaa.

5.9 Hapenkehitysjärjestelmä

Hapenkehitysjärjestelmän viat jakaantuivat kahteen eri järjestelmän laitteeseen. Suurimpana vikojen aiheuttajana on järjestelmän varoitusyksikkö, jonka tehtävänä on antaa varoitus, mikäli ilman paine tai happipitoisuus laskee liian alas. Toinen vikaantuneesta laitteesta on Hapenkehitin, joka erottaa ilmastointijärjestelmästä tulevasta ilmasta hapen.

Varoitusyksikkö

Varoitusyksikön vikoja löytyi 49 kpl ja niiden havainto hetket olivat yli 60% testausien aikana tulleita. Ennen lennolle lähtöä ohjaajat testaavat järjestelmän ja näiden testien aikana tulleet häiriöt aiheuttivat tehtävän keskeytyksen. Vikakorjauksessa oli pääsääntöisesti tehty järjestelmän testi, jolloin oli todettu varoitusyksikön vikaantu-

minen. Osa viosta löytyi huollon aikana tehtävissä järjestelmän testeissä, jolloin varoitussyksikkö oli vaihdettu.

Loput vikailmoituksien havainnoista liittyi ilmassa tulleiden varoitusten yhteyteen. OBOGS DEGRADED - varoituksen ilmaantuessa lennolla ohjaaja oli käyttänyt heittoastuimessa olevaa varahappipulloa ja keskeyttänyt tehtävän. Vikakorjauksissa oli tehty järjestelmän testaus ja vika oli kohdentunut varoitussyksikköön.

Hapenkehitin

Hapenkehittimen vika havainnot olivat tulleet myös lennolla OBOGS DEGRADED - varoituksen ilmaantuessa ja huollossa järjestelmätestauksien yhteydessä. Vikakorjauksissa oli tehty järjestelmän testaus, jossa vika oli kohdentunut hapenkehittimeen.

Yhteenveto

Hapenkehitysjärjestelmän vikaraporteista havaitaan, että järjestelmän vikaantuessa oli pääsääntöisesti tehty hapenkehitysjärjestelmän testaus. Testaus oli kohdistanut vian joko varoitussyksikköön tai hapenkehittimeen. Tällä menettelyllä oli viat saatu korjattua ja kone lentopalvelukseen.

Erikoiskurssin opetussuunnitelman mukaan hapenkehitysjärjestelmä käydään teoriasa kurssilla läpi ja viimeisellä viikolla oppilaat tekevät opettajan johdolla hapenkehitysjärjestelmän testauksen. Tästä voidaan päätellä, että kurssin toteutus antaa kurssilaiselle hyvät tiedot järjestelmän vikakorjauksiin.

6 ANALYYSI TIETOJEN HYÖDYNTÄMINEN

Tässä tutkintotyössä havaittiin, että järjestelmien toimintaan vaikuttavien pääventtiilien vikaantuminen oli hyvin vähäistä. Mutta vian ilmaantuessa sen kohdistaminen oikeaan venttiiliin on hankalaa ja vie paljon aikaa. Järjestelmän normaalit testaukset antavat jonkinlaisen kuvan vianetsintään, mutta eivät välttämättä kohdistaa vikaa oikeaan laitteeseen. Järjestelmän ja sen toimilaitteiden hyvällä tuntemuksella kyetään käyttämään testiportteja hyväksi ja näin välttämään väärän laitteen vaihdolta sekä säästetään aikaa.

Vikailmoitukset kohdistuivat pääosin järjestelmässä toissijaisiin laitteisiin. Näiden vikojen havainnot saatiin useasti näkö tai kuulo havainnolla. Kouluttajaksi tarvitaan kokenutta vikakorjauksiin perehtynyttä lentokonemekaanikkoa, joka käy vianetsintään ja -määrittelyyn liittyvät asiat teoria tunneilla läpi. Järjestelmän testauksissa vikoja olisi vaikea saada esille.

6.1 Kurssinjohtaja

Kurssinjohtajalla on suuri vastuu järjestelmäkurssin hyvästä lopputuloksesta. Viikko-ohjelmat toteutetaan opetussuunnitelman mukaan, mutta teorialuentien ja testien sisällön toteutukseen kurssinjohtajan ohjauksella on suuri vaikutus. Kurssinjohtajan tulisi valita kouluttajat Lennoston korjaamon kokeneista asiantuntijoista. Korjaamon asiantuntijat joutuvat pohdiskelemaan järjestelmän ongelmia päivittäin ja heiltä kurssi saa viimeisimmät tiedot vikakorjaustoimenpiteistä.

Kouluttaja valintojen jälkeen kurssinjohtajan olisi hyvä järjestää kurssin suunnittelu-tilaisuus, jossa kaikki koulutukseen osallistuvat henkilöt olisivat mukana. Tilaisuudessa annettaisiin kehykset opetukselle, jolloin kaikki teorialunnit pysyisivät samalla tasolla vaikka opettaja vaihtuu. Järjestelmätestauksien osalta tulisi miettiä, mitä muuta koulutukseen lisätään normaali testauksien lisäksi.

6.2 Kouluttajat

Kouluttajien vastuulla on koulutuksen toteuttaminen kurssinjohtajan antaman linjauksen mukaan. Teoriatuntien valmistelussa on muistettava koulutuksen nousujohteisuus, joka tarkoittaa tyyppikurssin oppituntipakettien läpikäymistä ennen oman pakeitin tekoa. Tyyppikurssin teoriaosuus on kattava järjestelmän perustoiminnan osalta, joten järjestelmäkoulutukseen tulee ottaa mukaan kaaviokirja. Kaaviokirjaa hyväksi käyttäen päästään kouluttamaan järjestelmän laitteiden toimintaa, mikä helpottaa oppilaan ymmärtämystä koko järjestelmän toimintaan.

Vikailmoituksia analysoitaessa havaittiin monta sellaista tapausta, jotka sopisivat hyvin malliesimerkiksi kurssille. Vikailmoitusten tiedot olivat suurimmaksi osaksi puutteellisia ja se aiheuttaa paljon töitä kouluttajille. Hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että kouluttaja käy asian tarkemmin läpi. Pääosa järjestelmän vikahavainnoista saatiin siis näkö- ja kuulohavainnoilla, eli kouluttajan suuri käytännön kokemus korostuu kun havainnot tuodaan teoriassa hyvin esille.

6.3 Oppilaat

Kurssin oppilaiden tyyppikurssista on vähintään viisi vuotta aikaa. Käyttöhuollon tehtävissä ei ECS-järjestelmä esiinny juuri lainkaan. Tämän vuoksi oppilaiden olisi hyvä käydä tyyppikurssin asiat kertauksena läpi, ettei ensimmäisen viikon teoriaosuus kävisi liian raskaaksi.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkintotyössä perehdyttiin Hornetin ympäristöjärjestelmän järjestelmäkurssin toteutukseen ja järjestelmän yleisiin vikoihin. Työn tarkoituksena oli etsiä vikaraporteista yleisimmät järjestelmän viat ja analysoida miten ne tulevat kurssilla esille. Tavoitteena oli parantaa järjestelmän vianhakua siten, että toimilaitteiden viat ja häiriöt osattaisiin paikantaa mahdollisimman tarkasti. Tällöin viat saadaan korjattua nopeammin ja taloudellisemmin, eikä vaihdeta turhaan ehjiä laitteita.

Työn tekemistä haittasi LTJ:ltä saatujen vikaraporttien tietojen vajavaisuus. Yllättävän suuri osa raporteista oli sellaisia joista ei käynyt ilmi, millä tavalla laitevaihtoihin oli päädytty. Laitekorjaamalla tehdystä laitteen korjausilmoituksesta selvisi hyvin laitteen todellinen vika. Korjausilmoituksista havaittiin myös jonkin verran turhia laitevaihtoja. Ympäristöjärjestelmästä eniten turhia laitevaihtoja oli tehty ulosvirtausventtiilin ohjausyksikölle ja useimmassa tapauksessa irrotukseen johtanutta syytä ei raporteista löytynyt. Siinä on kurssille purtavaa!

Vikailmoituksista kävi ilmi, että vian etsintään käytettiin paljon järjestelmän testausta testilaitetta hyväksi käyttäen. Pelkästään testausohjetta noudattamalla ei vikaa välttämättä havaita, vaan järkeä ja testiportteja käyttämällä voidaan vikaantunut laite paikantaa. Tästä voidaan päätellä, että kurssilla tehtävät järjestelmän testaukset antavat hyvän koulutuksen vikakorjauksiin, jos kouluttajat sitovat sen johonkin vikaan. Järjestelmästä jo tehtyt vikailmoitukset ovat hyviä esimerkkejä. Ne auttavat oppilasta ymmärtämään paremmin, mitä testauksen aikana tapahtuu. Näillä toimenpiteillä voitaisiin todeta kurssin vastaavan opetussuunnitelmaan suunniteltua tavoitetta.

Kolme vuotta sitten toimin järjestelmäkurssin johtajana, jolloin tiedot kurssin järjestämisestä perustuivat opetussuunnitelmaan. Suunnitelman tiedot eivät kuitenkaan antaneet niin hyvää kuvaa, että olisin ollut tyytyväinen lopputulokseen. Tutkintotyö antoi itselleni paljon uutta tietoa, jonka perusteella järjestäisin kurssin hieman toisella tavalla.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 A1-F18AC-GAI –000K, GENERAL AIRCRAFT INFORMATION, Ilmavoimat
- 2 A1-F18AC-410-100, PRINCIPLES OF OPERATION, ECS, Ilmavoimat
- 3 A1-F18AC-410-200, TESTING AND TROUBLESHOOTING
ENVIROMENTAL CONTROL SYSTEM, Ilmavoimat
- 4 A1-F18AC-410-500, SYSTEM SCHEMATICS ENVIROMENTAL
CONTROL SYSTEM, Ilmavoimat
- 5 YL003-10-01S, LTJ-MENETTELYOHJE. Ilmavoimat

Painamattomat lähteet

- 6 Ilmavoimien teknillinen koulu. Taktiikan opetusmateriaali
- 7 Ilmavoimien teknillisen koulun työjärjestys
- 8 Kurssiosaston työjärjestys
- 9 Ilmavoimien teknillinen koulu. Hornet opetusmateriaali
- 10 ECS-järjestelmäkurssin yleinen opetussuunnitelma
- 11 HN-tyyppikurssin yleinen opetussuunnitelma

Sähköiset lähteet

- 12 Ilmavoimat. [www-sivu]. Saatavissa <http://www.ilmavoimat.fi>
- 13 Puolustusvoimat.[www-sivu].Saatavissa <http://www.puolustusvoimat.fi>